# ARCHIV FÜR HYGIENE UND BAKTERIOLOGIE




UNIVERSITY
OF MINNESOTA

# ARCHIV

FÜR

# HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON MAX v. PETTENKOFER.)

UNTER MITWIRKUNG

VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Dr. BONHOFF, Marburg a. L.; Prof. Dr. R. EMMERICH, München, Prof. Dr. F. ERISMANN, Zürich; Prof. Dr. HEIM, Erlangen; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. KABRHEL, Prag; Prof. Dr. F. KRATSCHMER, Wien; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Prof. Dr. LODE, Innsbruck; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ, Graz; Prof. Dr. F. RENK, Dresden; Prof. Dr. SCHOTTELIUS, Freiburg i. B.; Generaloberarzt Dr. A. SCHUSTER, München; Prof. Dr. WERNICKE, Posen.

HERAUSGEGEBEN

VON

J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O. Ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

STRASSBURG MÜNCHEN LEIPZIG BERLIN.

FÜNFZIGSTER BAND.



MÜNCHEN UND BERLIN.

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

1904.

# Inhalt.


Seite

Grundlagen für die Beurteilung der Luftfeuchtigkeit in Wohnräumen mit einem Beitrag zur Frage des Mindestschlafraumes. Von Geheimrat M. Rubner und Privatdozent Dr. Wolpert. (Aus dem Hygienischen Institut der Universität Berlin) . . . . . . 1

Über die Abnahme des Zitronensäuregehaltes der Milch beim Kochen. Von Gust. Obermaier. (Aus der bakteriol. Untersuchungsstation des Garnisonslazarettes Würzburg) . . . . . . . . . . . . 52

Über die Rolle des Shiga-Bazillus als Erreger der Dysenterie. Experimentelle Untersuchung von G. N. Kazarinow, Kais. Rufs. Stabsarzt. (Aus dem Hygienischen Institut der Universität Berlin. Direktor: Geheimrat Prof. Dr. Rubner) . . . . . . . . . 66

Über Stoffwechsel und Energieverbrauch bei der Surraerkrankung. Von Dr. Rudolf Stähelin aus Basel. (Aus dem Hygienischen Institut der Universität Berlin) . . . . . . . . . . . . . . . . . 77

Hygienische Untersuchungen über Mehl und Brot. XIII. Einige Beiträge zur Kenntnis der Mehl-, Teig- und Brotsäuren. Von Dr. Dombrowsky, Oberstabsarzt aus Rufsland. (Aus dem Hygienischen Institut der Universität Würzburg. Direktor: Prof. Dr. K. B. Lehmann) . . . . . . . . . . . . . . . . . 97

Entstehen bei der Fäulnis flüchtige Phosphorverbindungen? Von Prof. Ch. Yokote aus Tokio. (Aus dem Hygienischen Institut in Würzburg) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 118

Über Absorption von Gasen durch Kleidungsstoffe. Von Prof. Ch. Yokote aus Tokio. (Aus dem Hygienischen Institut in Würzburg) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 128

Über die Zersetzungsvorgänge in schmutziger Unterkleidung. Von Dr. Ch. Yokote, a. o. Professor aus Tokio. (Aus dem Hygienischen Institut in Würzburg) . . . . . . . . . . . . . . 158

Über die Isolierung gärungserregender Enzyme aus Kuh- und Frauenmilch. Von Julius Stoklasa, unter Mitwirkung von F. Černý, Johann Jelínek, Eugen Šimáček und Eugen Vítek. (Aus der chem.-physiologischen Versuchsstation der k. k. böhm.-techn. Hochschule in Prag) . . . . . . . . . . . . . . . . . 165




Seite

Einige Versuche über den Übergang von Riech- und Farbstoffen in die Milch. Von Dr. Dombrowsky. (Aus dem Hygienischen Institut der Universität Würzburg. Direktor: Prof. Dr. K. B. Lehmann) . . . . . . . . . . 183

Über die Absorption verdünnter Kupferlösungen im Erdboden. Von Prof. Dr. Ch. Yokote aus Tokio. (Aus dem Hygienischen Institut in Leipzig) . . . . . . . . . . 193

Eine Differentialfärbung von Typhusbazillen in Schnitten. Von Prof. H. Bonhoff. (Aus der hygienischen Abteilung des Instituts für Hygiene und experim. Therapie in Marburg) . . . . . . . . 217

Über die Identität des Loefflerschen Mäusetyphusbazillus mit dem Paratyphusbazillus des Typus B. Von Prof. H. Bonhoff (Marburg a. L.) . . . . . . . . . . 222

Eine einfache Methode der Sporenfärbung. Von Dr. E. Thesing, Assistenten der Abteilung. (Aus dem Institut für Hygiene und exp. Therapie zu Marburg, Abteilung für Hygiene. Vorstand: Prof. Bonhoff) . . . . . . . . . . 254

Einige Hände-Desinfektionsversuche mit Sublamin-Acetonlösungen. Von Dr. E. Thesing, Assistenten der Abteilung. (Aus der hygienischen Abteilung des Instituts für Hygiene und experim. Therapie in Marburg a. L. Vorstand: Prof. Bonhoff) . . . . . . . . 267

Zur Kasuistik der Gasphlegmone und Schaumorgane. Von Dr. G. Werner, Kreisassistenzarzt in Marburg. (Aus der hygienischen Abteilung des Institutes für Hygiene und experim. Therapie zu Marburg. Vorstand: Prof. Bonhoff) . . . . . . . . . . 274

Über insensible Luftströmungen. Von Max Rubner . . . . . . 296

Zur Kritik der Formaldehyddesinfektion. Von Dr. G. Werner, Kgl. Kreisassistenzarzt. (Aus dem Institut für Hygiene und experimentelle Therapie zu Marburg, Abteilung für Hygiene. Vorstand: Prof. Bonhoff) . . . . . . . . . . 305

Untersuchungen über Bakterienvernichtung durch den Sauerstoff der Luft und durch Wasserstoffsuperoxyd. Von Dr. Küster, I. Assistent des Instituts. (Aus dem Hygienischen Institut der Universität Freiburg i. B.) . . . . . . . . . . 364

# Grundlagen für die Beurteilung der Luftfeuchtigkeit in Wohnräumen mit einem Beitrag zur Frage des Mindestschlafraumes.

Von

Geheimrat **M. Rubner** und Privatdozent Dr. **Wolpert**.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

## Einleitung.

Die Wohnungshygiene steht heutzutage, wo eine Reihe allgemeiner hygienischer Mafsnahmen wie Kanalisation und Wasserversorgung und ähnliches in den gröfseren Orten zum Abschlufs gekommen sind und sich in ihren Wirkungen übersehen lassen, im Vordergrunde des öffentlichen Interesses und unter dem Zeichen der Wohnungsreform.

Lange genug freilich hat man damit gezögert, obwohl die Verschiebung der Bevölkerung nach den Städten eine solche Regelung der Wohnungsverhältnisse, oder richtiger gesagt, des Wohnungsbaues immer unabweislicher machte.

Über die Verschiedenheiten der praktischen Wohnungsverhältnisse und des Städtebaues, über die Ursachen der Preislage der Wohnungen in den Grofsstädten, Mittel und Ziele der Bodenreform und ähnliche wichtige Dinge liegen heute auf Grund eines grofsen Materials viel genauere Angaben vor als früher.

Es berühren sich auf diesem Gebiete die Arbeiten des Statistikers, wie die Forschungen und Erwägungen des Nationalökonomen und Hygienikers.

Mit diesem wachsenden Interesse an den Wohnungsfragen hat weder das experimentelle Interesse an der Wohnungshygiene von Seiten der Fachmänner, noch eine Vertiefung in die hygienischen Grundlagen der Wohnungshygiene seitens anderer Begutachter gleichen Schritt gehalten.

Die hygienische Seite der Frage wird oft nur nebensächlich behandelt. Man ergeht sich in den Begründungen, soweit hygienische Fragen im engeren Sinne gestreift werden, in mehr oder minder lückenhaften Zusammenstellungen und Wiederholungen jahrzehntealter Behauptungen. Es macht sich immer mehr in diesen, wie in manchen anderen Fragen der öffentlichen Gesundheitspflege ein unberechtigter Empirismus geltend und ein gewisser Mangel an fachmännischem Urteil und Kritik, der zu einer Verflachung der leitenden Stellung des Hygienikers führen mufs und in der Bedürfnislosigkeit wissenschaftlicher Argumente sich von einem Laienurteil wenig unterscheidet.

Speziell ist es z. B. die Frage des kleinsten zulässigen Wohnraumes, welche bei diesen Reformen einen wesentlichen Angelpunkt bildet, für deren Regelung aber irgendeine wissenschaftliche Grundlage nirgendwo gegeben wird. Der Mindestluftraum von 10 cbm kehrt in Dutzenden von Vorschlägen und Verordnungen wieder, ohne dafs man erfährt, aus welchen Gründen diese Zahl auftaucht. Man hat nur den Eindruck, als habe die »runde Zahl« immer wieder den Hauptanteil in diesen und ähnlichen Vorschlägen gehabt.

Wenn wir die experimentellen Arbeiten der letzten Jahre betrachten, so hätten sich gerade für das Gebiet der Wohnungshygiene wesentliche neuere Gesichtspunkte wohl ableiten lassen. So ist eine wichtige Frage in neuerer Zeit einer eingehenden Behandlung unterzogen worden, die natürliche Ventilation kleiner städtischer Wohnungen. Nach den älteren Untersuchungen der 60er und 70er Jahre hatte man die Selbstlüftung unserer Wohnräume ziemlich hoch eingeschätzt, und diese Werte sind ohne weitere Rektifizierung in der Literatur weitergeführt worden. Es hat sich aber gerade durch die Untersuchung der Wohnungen der minderbemittelten Klassen gezeigt, dafs man

die Vorstellungen von der Leistung der natürlichen Ventilation, selbst unter den günstigen Verhältnissen winterlicher Temperaturgegensätze zwischen Stuben- und Aufsenluft, erheblich reduzieren mufs. Also gerade für die Wohnräume, für welche dereinst ein Wohnungsgesetz zu sorgen hat, ergab sich nur ein Drittel der Selbstlüftungskraft, welche man bislang vorausgesetzt hatte.[1]) Auch die gesundheitlichen Wirkungen der Wohnungsluft liegen heute klarer zu Tage.

Wir haben aber weiter kennen gelernt, dafs die Luft geschlossener Räume, soweit sie durch den Aufenthalt von Menschen und durch den Brand von Beleuchtungsmaterial verunreinigt wird, selbst bei Verunreinigungsgraden der Luft, die wir nach unseren heutigen Kriterien noch nicht als aufsergewöhnliche bezeichnen, merkbare Veränderungen der Respirationsverhältnisse hervorruft, die als Abweichung vom Normalen anzusehen sind[2]) und eben das Organ unseres Körpers treffen — die Lunge —, das an und für sich beim Stubenaufenthalt die nötige Pflege entbehrt, und dessen Entwicklung im Zusammenhang mit der dürftigen Muskulatur und dem geringen Blutreichtum schlecht genährter Personen gerade einer besonderen Förderung bedürfte.[3])

Fragen der Lüftung lassen sich nur behandeln, wenn man die physiologischen Wirkungen der hier einschlägigen Faktoren kennt und berücksichtigt. Gute und schlechte Luft in geschlossenen Räumen ist kein leerer Wahn; nur mufs man sich ebenso wie in vielen ähnlichen Fragen daran gewöhnen, nicht in plumper Weise diesem und jenem Moment die alleinige Schädlichkeit zuzuschreiben, sondern Schritt für Schritt die biologischen Rückwirkungen zu verfolgen, die uns über den Weg physiologischer Abweichungen auf pathologisches Gebiet und zu dem Verständnis gesundheitsschädlicher Wirkungen führen werden.

Wir können auch hinsichtlich des Beleuchtungsmaterials nicht mehr die ältere Anschauung für begründet erachten, dafs

---

1) Wolpert, Archiv f. Hygiene, XXXVI, S. 220.

2) Wolpert, Archiv f. Hygiene, Bd. XLVII.

3) Rubner, Bericht über den Kongrefs zur Bekämpfung der Tuberkulose, 1899, S. 308 ff.

man die durch Brennen von Leuchtstoffen hervorgerufene Veränderung der Luft in geschlossenen Räumen bei Betrachtung des Güteverhältnisses der Wohnungsluft aufser Betracht zu halten habe.[1])

Die Betrachtungen über die Notwendigkeit und den Grad der Lüftung müssen sich auf die biologischen Wirkungen, auf die Atmung und was damit zusammenhängt, stützen; denn die Veratmung und Verschlechterung der Luft hängt immer wieder mit diesen Vorgängen zusammen, wie wechselvoll sich auch im Laufe der Entwicklung dieser Fragen die Anschauungen gestaltet haben.

Wir sind bei diesen Untersuchungen auch mit einer Schwierigkeit in der Beurteilung der Güte der Luft, was bisher nicht genügend betont worden sein mag, bekannt geworden, nämlich mit der Tatsache, dafs die Betrachtung der Atmung und respiratorischen Ausscheidung, wie der Kohlensäure, die Luftbeschaffenheit in schlechtventilierten Wohnräumen günstiger erscheinen läfst als sie durch die Herabdrückung der Kohlensäureausatmung der Wirkung nach ist.

Statt der vergeblich gesuchten schädlichen Stoffe der verbrauchten Luft haben wir, indem wir uns die physiologischen Wirkungen dieser Luft vor Augen führten, fafsbare Ergebnisse gewonnen.

Weitere Untersuchungen des Berliner Instituts werden uns auch den Weg weisen mit gröfserer Sicherheit als bisher, kleinste Luftverunreinigungen und nur um solche, der gewöhnlichen Methodik völlig entzogene Gröfsen handelt es sich, festzustellen.

Die Bedürfnisse an die Lufterneuerung können jetzt viel genauer dargelegt werden, seitdem man einerseits die respiratorischen Ausscheidungen der Arbeiter der Hausindustrie[2]) und der Menschen überhaupt in Abhängigkeit von der Gröfse und dem Körpergewicht näher kennt.[3])

1) Wolffhügel, Archiv f. Hygiene, Bd. XVIII.
2) Wolpert, Archiv f. Hygiene, Bd. XXVI, S. 68.
3) Rubner, Über die Ernährung im Knabenalter. Berlin, 1902.

Für diese würden sich schon mit Rücksicht auf die Veratmung der Luft jetzt genauere Angaben machen lassen wie früher, und viel zutreffender, wenn man jeweils die Art der Menschen, ihre durchschnittliche Gröfse usw. für die Berechnung mit heranziehen wollte.

Auf Grund dieser Erhebungen kann man sich in der Tat in Sachen der Wohnungslüftung bessere und genauere Vorstellungen machen sowohl nach der Richtung der Leistungen der natürlichen Ventilation hin, als auch hinsichtlich der gesundheitlichen Ausnutzung des Lüftens im allgemeinen, namentlich insoweit gasförmige Produkte mit in Betracht kommen.

Wir wollen auf eine solche rechnerische Behandlung der Lüftungsfrage nicht eingehen, wie man dies in früherer Zeit vielfach getan hat. Wenn man etwas für die Praxis Taugliches finden will, mufs man nicht Teilstücke eines Lebensvorganges, also die Erscheinungen, die sich beim Aufenthalt des Menschen in geschlossenen Räumen zeigen, herausgreifen und zur Grundlage eines Systems der Lüftung machen, wie dies mit der Luftverschlechterung nach Mafsgabe der ausgeatmeten Kohlensäure oft und auch manchmal mit gutem Erfolg geschehen ist, sondern man hat, ehe man zu Schlüssen gelangt, ein solches Problem möglichst umfangreich zu behandeln.

Die Lüftungsfragen wurden bisher als solche angesehen, welche sich mit der Beseitigung der gasförmigen Verunreinigung der Menschen zu beschäftigen haben; über ihre Leistung in dieser Hinsicht haben wir durch Untersuchungen, welche mit der anthrakometrischen Methode ausgeführt worden sind, in vielen Fällen eine praktische Unterlage gefunden.

Man hat angenommen, dafs mit der Beseitigung der gasförmigen Verunreinigungen eines Zimmers, die sich wie Kohlensäure verhalten sollen, unser Wissen über diese Seite der Lüftung erschöpft sei.

Es ist aber nicht im entferntesten die Ventilationsfrage damit erschöpft. Es ist weder bewiesen noch auch anzunehmen, dafs das ganze Gemisch einer veratmeten oder mit Verbrennungsluft gemischten Luft sich genau so verhalte wie die Kohlensäure,

welche dem gleichen Raum zugeführt wird. Daraus folgt, dafs der Frage der Ventilation eine Reihe neuer Seiten sich abgewinnen lassen. Die wichtigste ist praktisch zunächst die Beseitigung des Wasserdampfes aus bewohnten Räumen, die bisher von den Erscheinungen der üblichen Raumventilation nicht getrennt, ja als Gegenstand einer besonderen Lüftungsweise nicht erkannt wurde.

Dies lag begründet in der geringen Kenntnis, die man im allgemeinen von den Gesetzen der Wasserdampfabgabe hatte. Es bleibt aber auffallend, dafs man, obschon wir seit Jahren genaue Kenntnisse von diesen Dingen besitzen, dieselben in keiner Weise für die Fragen der Ventilation verwertet hat.

In den Arbeiten des Berliner hygienischen Instituts sind bisher die Ausscheidungsgröfsen des Wasserdampfes beim Menschen und bei Tieren einer eingehenden experimentellen Untersuchung unterzogen worden, die Beziehungen zwischen Atmosphäre und zwischen Wasserdampfausscheidung eingehend berücksichtigt und die verschlungenen Pfade regulatorischer Rückwirkungen geklärt worden.

Wir wissen, wie mannigfach die Störungen sind, welche der Wasserdampfreichtum einer Luft bei niedriger wie hoher Temperatur hervorzurufen vermag, mit den unangenehmen Empfindungen sind objektive Störungen und der Mangel an Leistungsfähigkeit verbunden. Wir kennen die übermäfsige Inanspruchnahme des Hautorgans für die Durchblutung und Entwärmung von feuchter Luft.[1])

Es fehlt uns aber ganz und gar an einer genauen oder auch nur orientierenden Kenntnis über die Ausscheidungsweise des Wasserdampfes, der sich in der Wohnungsluft ansammelt, aus diesen bewohnten Räumen. Nur ein oberflächlicher Beobachter kann voraussetzen, dafs wir über diesen Umstand genau und vollkommen unterrichtet sind. Die Gesetze, nach denen der Wasserdampf die geschlossenen Räume verläfst, decken sich ganz

1) Rubner, vgl. Kapitel Ernährung in Leydens Handbuch der Ernährungstherapie und das Handbuch der Hygiene.

und gar nicht mit dem Austauschverhältnis, in welchem Stubenluft und Freiluft zu stehen pflegen.

Der Wasserdampfreichtum aber stellt ein ungemein wechselndes Moment der Stubenluft dar. Es ist in der Tat interessant, mittels des registrierenden Hygrometers das wechselnde Bild der Luftfeuchtigkeit zu fassen, zu sehen, wie oft der Wasserdampf an den störenden Empfindungen beim Aufenthalt in geschlossenen Räumen beteiligt ist, wie er in den Wohnräumen schwankt, in den Schlafräumen die dumpfige, unangenehme Luft auch dort erzeugt, wo ein reichlicher Luftraum zur Verfügung steht, und wie durch den Betrieb eines Hausgewerbes und in der Küche der schwankende Feuchtigkeitsgrad zur Last und Bürde werden kann.

An sehr vielen Störungen ist die Feuchtigkeit mitbeteiligt, nur pflegt man von diesen Dingen nicht viel zu wissen, weil die Wenigsten die Empfindungen genau analysieren, und weil heutzutage in weiten Kreisen Kenntnisse über die Rolle der Luftfeuchtigkeit ganz fehlen und selbst die Instrumente zur Feuchtigkeitsmessung der Luft nur ganz beschränkt Verwendung finden.

Je tiefer man hinabsteigt auf der Stufenleiter der Wohlhabenheit, desto mehr drängt sich die feuchte dunstige Luft in den Vordergrund und leitet allmählich über in den Zustand der »feuchten Wohnung« mit ihren verschiedenen Schattenseiten und ungesunden Wirkungen. Die Feuchtigkeit ist eine typische Begleitung der Wohnungsmifsstände und der Wohnungsüberfüllung.

Bei der Bedeutung, welche diese Fragen gerade im Zeitalter der Wohnungsreform haben, wird ihre eingehende Behandlung verständlich sein.

Hat man doch in der Ventilationsfrage und ihrer Betrachtung seit Jahrzehnten auf dem halben Wége Halt gemacht. Es mag daran erinnert sein, wie man sich früher für befugt hielt, einzig und allein auf Grund der Kohlensäureausatmung und der Grenzwerte über den Kohlensäuregehalt der Luft das Ventilationsquantum zu berechnen, und wie man dann schematisch hieraus

den Luftkubus unter Annahme einer stündlich dreimaligen Lufterneuerung ableitete.

Man hatte aber nie geprüft, wie sich tatsächlich die natürliche Ventilation erhalte, ob sie wirklich unter den üblichen Bedingungen diese Lüftung garantiere. Man hat auch Halt gemacht vor einer Prüfung, ob denn diese »Lüftung« zur Eliminierung des Wasserdampfes genüge, man hat kaum berücksichtigt, wie die Beleuchtung neue Bedürfnisse an die Lüftung stellt und wie die Wärme, Feuchtigkeit und Ansammlung von Gasen aus dem Lebensprozefs und aus anderen Quellen eine Rückwirkung äufsern.

Die Behörden scheinen inzwischen jedes zielbewufste Vorgehen in Sachen der Lufterneuerung ganz aufgegeben zu haben, wir werden uns aber dieses Thema einer eingehenden späteren Betrachtung vorbehalten müssen.

Ein neuer Schritt zur Beurteilung der rationellen Lüftung mögen die folgenden Untersuchungen sein, denen weitere, nach anderen Richtungen abschliefsende bald folgen werden.

## Experimentelles.

Die Wasserdampfausscheidung der Menschen, unter verschiedenen Umständen lebend, ist uns durch die umfangreichen Untersuchungen des Berliner hygienischen Instituts näher bekannt.

Somit liefse sich, wie man meinen könnte, eine für die Wohnungshygiene wichtige Frage rein rechnerisch behandeln, nämlich die Frage, inwieweit bei Veränderung des Luftkubus oder des Ventilationsquantums Störungen durch die Ansammlung von Feuchtigkeit gegeben sein können.

Nach den allgemein vertretenen Anschauungen würde man keine erheblichen Einwände gegen ein solches Verfahren geltend machen, und doch ist es sicher ein unrichtiges Vorgehen.

Wir müssen bei der Feuchtigkeit in hohem Mafse damit rechnen, dafs ihre Zunahme in der Luft die weitere Ausscheidung von Wasserdampf hindert, — also eine Überfeuchtung anscheinend erschwert. — Aber freilich sind damit gewisse unangenehme Wirkungen auf Empfindung und Arbeitskraft nicht aufgehoben.

Welchem Gleichgewichtszustande sich die Luftfeuchtigkeit anpafst, wenn ein Mensch die Quelle der Luftbefeuchtung ist, mufs also besonders erst erwiesen werden.

Im praktischen Leben übt aber zweifellos die Art des Wohnraumes noch einen Einflufs aus. Der Wasserdampf verschwindet nicht nach den Gesetzen der üblichen Selbstlüftung der Räume aus den Stuben, sondern in anderer Weise, — wenigstens darf man a priori vermuten, dafs die Beziehungen des Wasserdampfes zu den hygroskopischen Substanzen nicht ohne Bedeutung sein kann. Schon der Umstand, ob die Wände mit Kalk geweifst, tapeziert, mit Leimanstrich versehen sind, kommt vielleicht in Betracht.

Da die Beurteilung der Frage der Luftfeuchtigkeit in Wohnräumen, besonders was die engbemessenen Wohn- und Schlafstätten der Armen, auch was Schulen usw. betrifft, von grofser wohnungshygienischer Wichtigkeit ist, hielten wir unmittelbare Versuche nach dieser Richtung um so mehr für geboten, als auf diesem Gebiet recht unzutreffende Anschauungen bestehen.

Wir untersuchten den Anstieg der Luftfeuchtigkeit erstens in einem kleinen, luftdicht geschlossenen Raum von $7^1/_2$ cbm, in welchem sich ein Mann aufhielt, sowohl ohne weiteres als auch für den Fall, dafs gleichzeitig eine Petroleumlampe brannte; zweitens, ceteris paribus, bei 10 cbm Luftkubus.

### I. Raum von $7^1/_2$ cbm.

Wie die Verhältnisse in kleinen, für den Menschen ungenügenden Räumen sich gestalten können, läfst sich sehr klar aus den folgenden, im Jahre 1898 ausgeführten Versuchen ersehen. Dabei hielt sich ein Mann in dem aus Blech gefertigten, nicht ventilierten Kasten des Pettenkoferschen Respirationsapparats auf. Die Hygrometerangaben sind die Mittel aus den Anzeigen zweier Koppescher Haarhygrometer, welche, obwohl möglichst gut justiert und regeneriert, bei mittlerer Luftfeuchtigkeit gleichwohl bis um etwa 8% differierten.

Ein Raum von $7^1/_2$ cbm pro Person ist durchaus nicht übermäfsig klein, wenn man die so häufig erhobene Forderung eines

Mindestluftraums von 10 cbm betrachtet, ja es entspricht sogar sehr genau den mittleren Verhältnissen, wie sie sich ergeben müssen, wenn man den Luftkubus ohne Mitrechnung der Kinder gewissen Lebensalters normieren will.

**Versuch 1** (einstündig).

| Zeit | Thermometer | Hygrometer |
|---|---|---|
| Minuten | ° Cels. | % |
| 0 | 20,5 | 47 |
| 10 | 20,7 | 49 |
| 20 | 20,8 | 51 |
| 30 | 20,8 | 53 |
| 40 | 21,0 | 54 |
| 50 | 20,5 | 59 |
| 60 | 20,5 | 60 |

Hieraus läfst sich eine Wasserdampfproduktion von 17,2 g stündlich ableiten.

Im Verlauf des Versuchs trat **keine Kondensation** auf.

**Versuch 2** (dreistündig).

| Zeit | Thermometer | Hygrometer |
|---|---|---|
| Minuten | ° Cels. | % |
| 0 | 22,0 | 48 |
| 10 | 22,4 | 54 |
| 20 | 22,5 | 60 |
| 30 | 23,0 | 61 |
| 40 | 23,2 | 63 |
| 50 | 23,5 | 64 |
| 60 | 23,5 | 66 |
| 70 | 24,0 | 67 |
| 80 | 24,0 | 68 |
| 90 | 24,0 | 71 |
| 100 | 24,0 | 72 |
| 110 | 23,5 | 73 |
| 120 | 23,5 | 74 |
| 130 | 23,5 | 75 |
| 140 | 23,2 | 76 |
| 150 | 23,0 | 77 |
| 160 | 23,0 | 79 |
| 170 | 23,0 | 80 |
| 180 | 22,7 | 81 |

Hieraus läfst sich als Wasserdampfproduktion ableiten:

40,1 g in der ersten Stunde,
12,9 » » » zweiten »
12,1 » » » dritten »

Im Verlauf des Versuchs stellte sich **keine Kondensation** ein.

Da der Raum von $7\frac{1}{2}$ cbm nicht ventiliert wurde, so wurden von Stunde zu Stunde die Verhältnisse der Lufterneuerung ungünstiger. Die zwei Stunden würden einer $\frac{1}{2}$maligen, die drei

einer $^1/_3$ maligen Lufterneuerung entsprechen. Verhältnisse, wie sie bei so klein gewähltem Luftkubus in praxi häufig genug vorkommen können. Wir haben eingangs erwähnt, dafs eine einmalige Lufterneuerung für die Wohnräume der Minderbemittelten sogar schon eine gute Ventilation bei unserer grofsstädtischen, geschlossenen Bauweise ist.

Die Menge des in der Luft sich ansammelnden Wasserdampfs nimmt demnach schon nach der ersten Stunde ganz erheblich ab, weil die relative Feuchtigkeit stark gestiegen ist, und hält sich dann allmählich auf annähernd gleicher Höhe. Möglicherweise tragen auch andere Nebenumstände, wie das Sinken der Kohlensäureausscheidung[1]), zum Sinken der Wasserdampfausscheidung bei.

Bleibt die Lufttemperatur niedrig, so kann es in den späteren Stunden, wenn die Feuchtigkeit mehr als etwa 85% erreicht, zu Kondensation in den tiefer liegenden Teilen des Versuchsraums kommen, wie nachstehender dritter Versuch beweist.

**Versuch 3** (3 $^1/_2$ stündig).

| Zeit | Thermometer | Hygrometer | Zeit | Thermometer | Hygrometer |
|---|---|---|---|---|---|
| Minuten | ° Cels. | % | Minuten | ° Cels. | % |
| 0 | 15,0 | 64 | 110 | 17,7 | 84 |
| 10 | 15,8 | 67 | 120 | 18,0 | 84 |
| 20 | 16,2 | 70 | 130 | 18,0 | 85 |
| 30 | 17,0 | 73 | 140 | 18,0 | 85 |
| 40 | 17,0 | 76 | 150 | 18,0 | 85 |
| 50 | 17,4 | 77 | 160 | 18,0 | 86 |
| 60 | 17,5 | 77 | 170 | 18,0 | 86 |
| 70 | 17,5 | 81 | 180 | 18,0 | 86 |
| 80 | 17,5 | 82 | 190 | 18,0 | 86 |
| 90 | 17,5 | 81 | 200 | 18,2 | 86 |
| 100 | 17,7 | 81 | 210 | 18,2 | 86 |

Hieraus läfst sich als Wasserdampfproduktion ableiten:

25,1 g in der ersten Stunde,
11,0 » » » zweiten »

Am Schlufs des Versuchs wurde in einer Kastenecke Kondenswasser festgestellt.

1) Dieses Archiv, Bd. 47, S. 26.

In demselben Mafse wie ein Mehr von Wasserdampf entsteht, wird es an günstigen Stellen des Raumes abgeschieden. Die Luft braucht dazu nie in toto mit Wasserdampf gesättigt zu sein, unter den für eine Kondensation durchaus nicht sehr günstigen Versuchsverhältnissen war offenbar bei 84% Feuchtigkeit diese Grenze erreicht.

In anderen Fällen wird es sogar schon früher zur Kondensation kommen können; es gibt ja viele, besonders fufskalte Wohnungen, in denen solch günstige Bedingungen zur Feuchtigkeitsablagerung gegeben sind.

Steigt die Lufttemperatur und hält sich die Feuchtigkeit auf nicht allzuhohen Werten, so wird bei einem Minimum der Wasserdampfausscheidung die Kondensation vermieden. Immerhin aber zeigt Versuch 4, wie nahe die Feuchtigkeit an jenem praktisch bedeutungsvollen Sättigungsgrad angelangt ist, der zur Ablagerung tropfbar flüssigen Wassers Veranlassung geben mufs.

**Versuch 4** (3 ½ stündig).

| Zeit | Thermometer | Hygrometer |
|---|---|---|
| Minuten | ° Cels. | % |
| 0 | 18,0 | 52 |
| 10 | 18,8 | 57 |
| 20 | 19,0 | 57 |
| 30 | 19,5 | 62 |
| 40 | 19,8 | 63 |
| 50 | 20,0 | 64 |
| 60 | 20,0 | 66 |
| 70 | 20,4 | 68 |
| 80 | 20,5 | 68 |
| 90 | 20,5 | 69 |
| 100 | 20,5 | 71 |
| 110 | 20,6 | 71 |
| 120 | 20,6 | 72 |
| 130 | 20,5 | 73 |
| 140 | 20,5 | 73 |
| 150 | 20.5 | 74 |
| 160 | 20,8 | 74 |
| 170 | 21,0 | 76 |
| 180 | 21,6 | 76 |
| 190 | 22,0 | 77 |
| 200 | 22,2 | 78 |
| 210 | 22,5 | 78 |

Hieraus läfst sich als Wasserdampfproduktion ableiten:

25,8 g in der ersten Stunde,
11,2 » » » zweiten »
11,8 » » » dritten »

Im Verlauf des Versuchs trat keine Kondensation auf.

Ein Versuchsraum von 7½ cbm bietet also für eine ruhende Person (50 Kilo Gewicht), was die Feuchtigkeit anlangt, bereits

ungünstige Verhältnisse. Wenn auch tatsächlich durch die Unterdrückung der Wasserdampfausscheidung des Menschen die Wasserdampfmenge in der Luft nicht so steigt, wie man aus den Ergebnissen der ersten Stunde ableiten würde, so entspricht eben dem Nicht-Steigen der adäquate Körperzustand — Gefühl der Schwüle — Hauthyperämie und Müdigkeit.

Im Raume häuft sich aber das Wasser auch bis zu dem Grade, dafs selbst bei der gleichmäfsigen Temperatur eines ungeheizten Zimmers zeitweise Kondensation eintritt.

Die Kondensation von Wasserdampf ist in mehrfacher Hinsicht eine üble Beigabe der Wohnung; Kondensation bedeutet neben der Schimmelbildung und ihren Folgen in ökonomischer Hinsicht auch die Rückwirkung auf die Wärmeverhältnisse der Stube. Die nasse Stelle hat immer mehr die Fähigkeit sich nafs zu erhalten, weil sie viel kälter ist als die sie umgebenden trockenen Schichten.

Die Kondensation der Feuchtigkeit trägt in hohem Mafse dazu bei, die muffige, unangenehme Luft zu steigern. Denn der sich kondensierende Wasserdampf reifst die riechenden Stoffe zum grofsen Teil mit nieder; sie haften dann lange in dem Zimmer. Die hygroskopische Wasserbindung hat eine ganz andere Bedeutung. Denn diese von den Gegenständen fest gebundene Feuchtigkeit ist die Folge einer fast spezifischen Anziehung, das Wasser fest gebunden und biologisch nicht zu verwerten. Die hygroskopische Wasserbindung bedeutet noch nicht die Fixierung riechender Substanzen, wie diese mit der Kondensation Hand in Hand geht. Von diesen Wirkungen der Feuchtigkeit sind die spezifischen Anziehungen für Riechstoffe, wie sie bei Kleidungsstoffen beobachtet sind, wohl zu unterscheiden.[1])

Obige Versuchszahlen gelten für den ruhenden Mann und für günstige Temperaturverhältnisse.

Würde die relative Feuchtigkeit der Luft von Anfang an noch gröfser gewesen sein, wie in kalten Räumen, so wäre die »Kondensation« noch umfangreicher geworden.

---

1) Rubner, Lehrbuch der Hygiene. Artikel Kleidung.

Ein Luftkubus von $7^1/_2$ cbm für einen Erwachsenen von 50 kg bringt also über gewisse unhygienische Verhältnisse der Armenwohnungen offenbar nicht hinweg.

Die obigen Zahlen, wie sie für den ruhenden Menschen gewonnen sind, werden nur unwesentlich sich modifizieren bei schlafenden Personen.

In einer späteren Versuchsreihe haben wir eine mäfsige Arbeitsleistung des Mannes sowie das Brennen einer Petroleumlampe in das Versuchsprogramm einbezogen und gleichzeitig den Anstieg der Kohlensäure gemessen. Der Kasten war wiederum luftdicht geschlossen. Die Versuchsperson arbeitete durchweg 4000 mkg stündlich am Ergostat. Die Versuche währten je zwei Stunden. Je ein solcher Versuch ohne und mit Lampe, durch eine halbstündige Pause, welche dem Lüften diente, voneinander getrennt, fanden am 11. und 13. Februar 1899 statt; an ersterem Tage war das Zimmer geheizt, am zweiten Versuchstage nicht.

**a) Versuch 5 und 6, am 11. Februar 1899. (Zimmer geheizt.)**

**Versuch 5, ohne Lampe, zweistündig. Mann in Arbeit.**

Innerhalb 2 Stunden stieg die Kohlensäure von 1,8 auf 7,2, das ist um 5,4 ‰, entsprechend einer Produktion von

$$\frac{7,2 - 1,8}{2} \times 7,5 = 20,2 \text{ l } CO_2 \text{ stündlich.}$$

Gleichzeitig stieg die relative Luftfeuchtigkeit von 35 auf 67 % und die Lufttemperatur von 23,0 auf 28,0° [1]).

**Versuch 6. mit Lampe, zweistündig. Mann in Arbeit.**
Petroleumverbrauch 42 g.

Innerhalb 2 Stunden stieg die Kohlensäure von 1,8 auf 16,0, das ist um 14,8 ‰, oder um 9,4 ‰ höher als ohne Lampe. Die Produktion belief sich auf $\frac{16,6 - 1,8}{2} \times 7,5 = 55,5$ l $CO_2$ stündlich, für Person und Lampe.

1) Sofort nach Versuch 5 sank die Feuchtigkeit von 67 auf 23, die Temperatur blieb gleich; nach Versuch sank die Feuchtigkeit von 92 auf 23, die Temperatur von 24,0 auf 21,0.

Gleichzeitig stieg die relative Luftfeuchtigkeit von 23 auf 92%; die Lufttemperatur aber sank, da der Ofen versagte, von 28,5 auf 24,0°.

3/4 Stunden nach Versuchsbeginn beschlugen sich die Kastenfenster; in der 2. Stunde klagte die Versuchsperson über Kopfschmerz und sehr starkes Schwitzen.

Ein mäfsig arbeitender Mann von geringem Körpergewicht verursachte also in einem 7½ cbm umfassenden Zimmer erhebliche Veränderungen der Stubenluft während eines zweistündigen Aufenthalts (½malige Lufterneuerung). Die Luft hatte einen reichen Zuwachs an Feuchtigkeit erlangt, rechnet man auf die Temperatur von 23°, so hatte sie über 88% Feuchtigkeit angenommen (+ 53%). Die Veratmung der Luft läfst sich berechnen. Wenn wir annehmen, dafs die Ausatemluft nur 4,5% Kohlensäure enthalten habe, so repräsentieren 40,4 l $CO_2$ 40,4 × 22 = 889 l Atmungsluft, sonach bestand sie zu Ende der zweiten Stunde zu 12,6% aus Luft, die bereits einmal schon zur Atmung gedient hatte.

Die zur Arbeit notwendige Petroleumlampe hätte übrigens auch noch von zwei Personen für manche Arbeit mitbenutzt werden können.

Die Feuchtigkeit stieg auf 92% bei 24° bzw. auf 73%, für die Anfangstemperatur gerechnet = + 50%. Die Lampe hatte also nicht viel mehr Zuwachs geliefert aus dem einfachen Grunde, weil die Unterdrückung der Wasserdampfausscheidung und die umfangreiche Kondensation bei sinkender Temperatur ein Anwachsen der Feuchtigkeit zur Unmöglichkeit machte.

Das Beispiel zeigt uns, welch unsanitäre Zustände sich entwickeln. Dabei füllt sich die Luft mit dem Dunst der brennenden Lampe und den sonstigen unvermeidlichen Riechstoffen zu enger Wohnräume.

**b) Versuch 7 und 8, am 13. Februar 1899. (Zimmer ungeheizt.)**

**Versuch 7,** ohne Lampe, zweistündig. Mann in Arbeit.

Innerhalb 2 Stunden stieg die Kohlensäure von 1,3 auf 6,9, das ist um 5,6‰, entsprechend einer Produktion von $\frac{6,9 - 1,3}{2} \times 7,5 = 21,0$ l $CO_2$ stündlich.

Gleichzeitig stieg die relative Luftfeuchtigkeit von 34 auf 87 %, und die Lufttemperatur von 11,0 auf 12,8°[1]).

Die Versuchsperson klagte zuweilen über Frösteln. Gegen Schlufs des Versuchs beschlugen sich die Kastenfenster. (Kondensation.)

**Versuch 8,** mit Lampe, zweistündig. Mann in Arbeit.
Petroleumverbrauch 42 g.

Innerhalb 2 Stunden stieg die Kohlensäure von 1,3 auf 16,5, das ist um 15,2 ‰, oder um 9,6 ‰ höher als vorher ohne Lampe. Die Produktion belief sich auf $\frac{16{,}5 - 1{,}3}{2} \times 7{,}5 = 57{,}0$ l $CO_2$ stündlich für Person und Lampe.

Gleichzeitig stieg die relative Luftfeuchtigkeit von 36 auf 97 %, und die Lufttemperatur von 11,7 auf 14,9°.

Nach ½ Stunde beschlugen sich die Kastenfenster, in der 2. Stunde klagte die Versuchsperson über Kopfschmerz.

Die beiden vorstehenden Versuche geben ein Beispiel für die Frühjahrs- und Herbsttage, vielleicht auch für Wintertage bei beschränkter Heizung. Auch ohne Beleuchtung trat dabei Kondensation ein, und wenn nicht die Temperatur auf 12,8° gestiegen wäre, wäre eine vollkommene Sättigung der Luft eingetreten.

Noch unangenehmer waren die Verhältnisse als bei Licht gearbeitet wurde, auch hier war die Luft so reich an Dampf, dafs an allen Stellen eine Kondensation sich ausbildete. Was sonst über die respiratorische Verschlechterung der Luft zu sagen ist, ist analog dem auf voriger Seite schon Mitgeteilten.

Hierher gehören weiters einige im Jahre 1902 ausgeführte Kastenversuche, die für einen anderen Zweck bereits ausführlich veröffentlicht sind.[2]) Über diese Versuchsreihe sei daher an dieser Stelle nur das Folgende kurz mitgeteilt. Die Versuchspersonen waren andere als in den vorausgehenden Versuchen.

**Versuch 9,** zweistündig, Versuchsperson A.

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 18,0 auf 18,9°, die relative Luftfeuchtigkeit von 46 auf 58 % und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 2,23—3,90—5,28—6,70 ‰.

1) Sofort nach Versuch 7 sank die Feuchtigkeit von 87 auf 36, die Temperatur von 12,8 auf 11,8; nach Versuch 8 Feuchtigkeit von 97 auf 35, Temperatur von 14,9 auf 12,9.

2) Wird die Kohlensäureabgabe des Menschen durch Beimengung von Ausatmungsluft zur Einatemluft beeinflufst? Dieses Archiv, Bd. 47, S. 26.

**Versuch 10,** anderthalbstündig, dieselbe Versuchsperson.

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 18,1 auf 18,7°, die relative Luftfeuchtigkeit von 46 auf 56% und die Kohlensäure viertelstündlich von 0,30 auf 1,38—2,39—3,34—4,22—5,08—5,88‰.

**Versuch 11,** dreistündig, Versuchsperson B.

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 17,3 auf 19,4°, die relative Luftfeuchtigkeit von 50 auf 80% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 1,53—2,36—3,37—4,23—5,16—6,19‰.

**Versuch 12,** anderthalbstündig, dieselbe Versuchsperson.

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 18,8 auf 19,6°, die relative Luftfeuchtigkeit von 71 auf 84% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 1,38—2,36—3,26‰.

**Versuch 13,** einstündig, dieselbe Versuchsperson.

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 19,0 auf 20,1°, die relative Luftfeuchtigkeit von 57 auf 74% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 1,43 und 2,29‰.

**Versuch 14,** anderthalbstündig, Versuchsperson C.

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 18,5 auf 19,9°, die relative Luftfeuchtigkeit von 64 auf 84% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 1,65—2,78—3,53‰.

**Versuch 15,** anderthalbstündig, dieselbe Versuchsperson.

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 19,0 auf 20,2°, die relative Luftfeuchtigkeit von 66 auf 84% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 1,58—2,71—3,82‰.

**Versuch 16,** dreistündig, Personen B und C zusammen (2 Personen).

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 20,0 auf 22,5°, die relative Luftfeuchtigkeit von 56 auf 90% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 2,54—4,48—6,35—7,69—10,16—11,84‰.

**Versuch 17,** dreistündig, dieselben Personen. (2 Personen.)

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 19,8 auf 22,8°, die relative Luftfeuchtigkeit von 64 auf 80% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 3,15—4,96—7,21—8,90—10,75—12,79‰.

**Versuch 18,** dreistündig, dieselben Personen. (2 Personen.)

Die Temperatur der Kastenluft stieg von 17,6 auf 21,7°, die relative Luftfeuchtigkeit von 48 auf 78% und die Kohlensäure halbstündlich von 0,30 auf 2,61—4,68—6,88—8,62—10,78—13,06‰.

Aus diesem Material läfst sich folgende Zusammenstellung machen, welche die zu verschiedenen Zeiten gefundenen Luftveränderungen deutlich genug zum Ausdruck bringt.

Es handelt sich um ruhende Personen.

| Dauer in Stunden | Anfangs-temperatur | End-temperatur | Zuwachs an Feuchtigkeit in % | End-kohlensäure-gehalt in ‰ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 19 | 20,1 | 17 | 2,3 |
| $1^1/_2$ | 18,3 | 19,6 | 15 | 4,1 |
| 2 | 18,0 | 18,9 | 14 | 6,7 |
| 3 | 17,7 | 19,4 | 30 | 6,2 |
| 3 [1]) | 19,1 | 22,2 | 26 | 12,6 |

Die Luft gelangt auch hier mehr oder minder der Sättigung mit Feuchtigkeit nahe.

Besonders hochgradig ist die Luftverschlechterung bei den beiden Personen, welche in der letzten Versuchsreihe 3 Stunden im Raum verblieben. Hier kann man wieder unter den oben angenommenen Grundlagen berechnen, dafs die Luft zu über 26% aus solcher bestand, die bereits einmal zu Atemzwecken gedient hatte. Hier macht sich die Sauerstoffverminderung wohl auch schon fühlbar, denn wenn 90,2 l Kohlensäure ausgeatmet waren, so entsprechen diese bei dem Respirations-Quotienten 1 = 90 l Sauerstoff und für 7,5 cbm Luft 1,2% Änderung.

Man gerät also unter diesen Verhältnissen bereits zu Luftveränderungen, die auch vom respiratorischen Standpunkt nicht zu verachtende Abweichungen aufweisen können.

### II. Ventilationsquantum von 10 cbm.

In einer anderen Versuchsreihe diente wiederum der Blechkasten von $7^1/_2$ cbm als Versuchsraum. Diese Versuche währten je 4 Stunden. Der Kasten wurde so ventiliert, dafs auf die Stunde ein Luftvorrat von 10 cbm traf, und hierbei das eine Mal künstlich beleuchtet und das andere Mal nicht. In wieder anderen Versuchen befanden sich eine bis zwei brennende Petroleumlampen allein auf die Dauer von 4 Stunden im Apparat.

1) Zwei Personen.

Diese Versuche aus dem Jahre 1902 sind bereits veröffentlicht[1]), weshalb wir uns darauf beschränken, an dieser Stelle nur das zu wiederholen, was hier unmittelbar von Belang ist.

Etwa die nachstehenden Erhöhungen von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit trafen in diesen Versuchen auf Rechnung des Versuchsobjekts:

1. 1,0° und 15% rel. Feuchtigkeit für: Person allein,
2. 2,0° » 10% » » » Lampe allein,
3. 2,5° » 20% » » » Lampe + Person.

Die Feuchtigkeit schwankte in Reihe 1 zwischen 56 zu Anfang auf 72% zu Ende und bei 3. zwischen 55 und 77%, und wäre, wenn nicht zugleich die Luft wärmer geworden wäre, erheblich näher der Sättigung gekommen. Für 1. kann man — die Endfeuchtigkeit auf gleiche Temperatur, die anfangs herrschte, gebracht — zu 74% annehmen und bei 3. zu über 90%!

Die Versuche bewegen sich also beim ungeheizten Zimmer (13—15°) und für den ruhenden Menschen sehr nahe um den Kondensationspunkt und erreichen ihn sicher, wenn gleichzeitig Beleuchtungsmaterial gebrannt wird. Wir haben besonders damit zu rechnen, dafs während der Nacht — falls in der Stube geschlafen wird — mit dem Absinken der Temperatur naturgemäfs sehr leicht an irgendeiner Stelle des Wohnraums der Taupunkt erreicht wird.

Dies um so sicherer, wenn es sich um die Abkühlung exponierter Wohnräume handelt und um ungenügend durchheizte Mauern u. dgl. Verhältnisse, die sich in den Wohnungen Minderbemittelter nicht gerade selten finden.

Man braucht da gar nicht einmal nur die überfüllten Armenwohnungen zu untersuchen, um zu wissen, wie der Wasserdampf zeitweise in den ungeheizten Schlafstuben und bei hoher Feuchtigkeit der Atmosphäre die Luft der geschlossenen Räume bis zu

1) Über die Beziehungen zwischen menschlicher Atmung und künstlicher Beleuchtung. Dieses Archiv, Bd. 47, S. 1.

dem Feuchtigkeitszustand bringt, der das Unbehagliche und Unwohnliche der Räume voll in die Empfindung treten läfst.

Der Kohlensäuregehalt der Kastenluft stieg gleichzeitig:

um 1,39 ‰ für: Person allein,
» 3,68 » » Lampe allein,
» 4,13 » » Lampe + Person.

Die Versuche lassen erkennen, dafs eine Luftmenge von 7,5—10 cbm nicht in allen Fällen hinreicht, um einen solchen Grad von Luftfeuchtigkeit zu gewährleisten, welcher vom sanitären Standpunkt aus befriedigend wäre, ja dafs namentlich bei Arbeit und Beleuchtung mit anormalen Feuchtigkeitszuständen, wie Nässebildung an den Wandungen zeitweise gerechnet werden mufs.

## Einwirkung der hygroskopischen Verhältnisse.

Wir haben mit den vorstehenden Versuchen nur eine Anzahl Beispiele gegeben, welche in scharfen Umrissen erkennen lassen, wie unter ungünstigen Umständen die Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft in engen Räumen sich gestalten können. Es wäre verfrüht, wollte man die Verhältnisse, welche wir hier skizziert haben, gleich verallgemeinern und schematisch erweitern. Letztere können gewifs manchmal eine grofse Ähnlichkeit mit den geschilderten Experimenten aufweisen. Aber im praktischen Leben mufs man noch mit anderen, hier nicht berücksichtigten Faktoren rechnen, nämlich mit einer günstigeren Beschaffenheit der Wände und einem mehr oder minder reichlichen Mobiliar. Der Respirationsraum war unmöbliert und seine Wände mit Ölfarbe gestrichen; Kalk- und Leimfarbenanstrich, Tapeten usw. bedingen aber möglicherweise einen sehr grofsen Unterschied. Vielleicht ist dieser Unterschied quantitativ nicht sehr von Belang und kann vernachlässigt werden. Ob nun die eine oder die andere Annahme zutrifft, darüber kann wiederum nur der Versuch Aufschlufs geben.

Einwandfreie Versuche über die Gröfse der Wasserdampf-Absorption in Wohnräumen seitens der hygroskopischen Materialien konnten im Versuchskasten nicht gemacht werden. Hierzu mufsten Wohnräume selber dienen.

Für diesen Zweck schien ein etwa 100 cbm grofser Raum des Instituts, der bereits vielfach zu Desinfektionsversuchen, insbesondere mittels Formalins[1]), benutzt worden war und gerade in letzteren Versuchen ein auffallend geringes Ansteigen der Luftfeuchtigkeit ungeachtet einer reichlichen Wasserverdampfung gezeigt hatte[2]), sehr geeignet. Unmittelbar waren jene Versuche für den vorliegenden Zweck eben aus dem Grunde nicht zu verwerten, weil gleichzeitig Formalin verdampft worden war und die Formaldehyddämpfe an dem Zustandekommen des eigentümlichen Resultats beteiligt sein konnten. Es wurden daher neue Versuche mit reiner Wasserverdampfung in dem gleichen Zimmer vorgenommen.

Der leitende Gedanke war: Eine genau mefsbare Menge von Wasserdampf möglichst rasch in das Zimmer zu schaffen und die hierdurch bewirkten Änderungen der Luftfeuchtigkeit zu ermitteln.

Die Entwicklung des Wasserdampfes im Zimmer selber mit Hilfe von Leuchtgas- oder Alkoholfeuer erschien wegen des weniger genau mefsbaren Wasserzuwachses aus dem Brennmaterial sowie wegen der nicht erwünschten stärkeren Lufterwärmung nicht recht tunlich. Es wurde daher zunächst der Versuch gemacht, mit Hilfe eines Autoklaven, der in einem anderen Zimmer angeheizt und dann ins Versuchszimmer gebracht und daselbst geöffnet wurde, der Zimmerluft gröfsere Mengen von Wasserdampf einzuverleiben. Die Wassermengen, welche mit dem uns zur Verfügung stehenden Apparat auf diese Weise dem Zimmer mitgeteilt werden konnten, waren jedoch bei weitem nicht grofs genug. Wir gingen deshalb dazu über, das Wasser vor der Tür

1) Dieses Archiv, Bd. 43, S. 151, 171, 221.

2) Ebenda, S. 188—204, Generaltabelle unter Versuch Nr. 20—74, und Tabelle VII, S. 217, woraus folgendes ersichtlich ist:

1800 g verdampften Wassers, dem Formalin beigemengt war, hatten die absolute Feuchtigkeit von 100 cbm Luft nur um etwa 600 g gesteigert; die relative Luftfeuchtigkeit erhöhte sich bei 21—27° nur etwa von 60 auf 70%. Erst durch Verdampfung von 2500 g Wasser stieg die absolute Feuchtigkeit für 100 cbm um etwa 650 g und die relative bei etwas niedrigerer Temperatur (21,5°) etwa von 70 auf 98% usw.

des Versuchszimmers in einem Kessel mittels Spiritusflammen zu verdampfen und den entwickelten Wasserdampf mittels einer in den Kessel mündenden Messingröhre durch das Schlüsselloch nach dem Zimmer zu leiten. Das Verfahren war somit wesentlich das gleiche wie bei einem Teil unserer früheren, oben zitierten Formalin-Versuche.

Das Einleiten von Wasserdampf hatte sowohl ins leere als auch ins möblierte Zimmer zu geschehen und es stand vielleicht zu erwarten, dafs die gleiche Wassermenge im möblierten Zimmer einen erheblich kleineren Hygrometerausschlag geben würde. Das Zimmer hatte eine Fufsbodenfläche von $6{,}90 \times 3{,}32 = 23{,}0$ qm. Bei einer Höhe von 4,75 m betrug die gesamte Oberfläche 143,0 qm. Die Wände des Zimmers waren mit Leimfarbe, die Decke mit Kalkfarbe gestrichen. Das Mobiliar des Zimmers bestand in zwei Betten (Seegrasmatratzen und Keilkissen mit Leinenbezug nebst wollenen Decken, kein Federbett), einem gepolsterten Lehnstuhl, einem Tisch mit Tischdecke, mehreren gewöhnlichen Stühlen, zwei geschlossenen Schränken ohne besonderen Inhalt, einem Waschtisch, zwei Teppichen und verschiedenen Kleinigkeiten wie Zeitungshalter, Wandfächer u. dgl.

Die Ausführung der Versuche gestaltete sich einheitlich wie folgt: Reichlich 2 l Wasser wurden in den Kessel eingefüllt — Kessel samt Inhalt kalt gewogen — Kessel über 80 ccm Spiritus erhitzt — Kessel heifs gewogen, sodann Messingröhre durch Schlüsselloch eingeführt und Kessel über 500 ccm Spiritus weiter erhitzt bis zum Erlöschen der Flamme — Kessel wiederum heifs gewogen mit restlichem Wasserinhalt. Der Unterschied zwischen beiden letzteren Wägungen ergab die Gewichtsmenge des in das Zimmer eingeführten Wasserdampfs.

In allen Versuchen wurde die Zimmerluft während des Einleitens des Wasserdampfs mittels eines elektrischen Ventilators, der von aufsen einschaltbar war, gründlich gemischt. Meistens wurde der Ventilator schon etwa eine Stunde vor Beginn der Wasserverdampfung in Betrieb gesetzt. Abgestellt wurde der Ventilator frühestens eine Viertelstunde nach beendigter Verdampfung (so durchweg von Versuch Nr. 10 ab), und in einer

Anzahl von Versuchen (Nr. 1—9) erst 1—2 Stunden nachher. Nach Bedarf wurde das Zimmer vor der Verdampfung eine Weile durch Offnen von Fenster und Tür gelüftet und der Ventilator hierbei nach dem Fenster zu gerichtet.

Die Abstromröhre war gut in den Kessel eingelötet und auch der Einfüllstutzen vollkommen gedichtet. Die Mengenverhältnisse von Wasser und Spiritus wurden so gewählt, dafs mit Sicherheit noch etwas Wasser im Kessel zurückblieb, nachdem aller Spiritus verbrannt war, und somit der Kessel niemals leer über dem Feuer war, was fast unausbleiblich zu Undichtigkeiten, mindestens beim Einfüllstutzen, geführt hätte. In jenen früheren Formalinversuchen hatte sich dieser Mifsstand des öfteren herausgestellt. Übrigens hatte damals die Art des Versuchs ein Leerdampfen des Kessels verlangt, und die auf unrechtem Wege entwichenen Dampfmengen waren wohl auch relativ geringfügig gewesen.

In einigen Versuchen (Nr. 1—4) wurde auch die Gröfse der natürlichen Lüftung des Zimmers während der Verdampfung festgestellt. Dies geschah, indem wir im Versuchszimmer einige Zeit vor der beginnenden Wasserverdampfung komprimierte Kohlensäure aus einem Stahlzylinder entweichen liefsen, die Luft gut mischten und sodann kurz vor Beginn und nach Schlufs der Wasserverdampfung den Kohlensäuregehalt der Zimmerluft mittels der Pettenkoferschen Flaschenmethode bestimmten, um die Lüftungsgröfse nach der von Seidel angegebenen Formel zu berechnen. Es schien nicht erforderlich, die Lüftungsgröfse in allen Fällen zu bestimmen. Denn einmal wird sie auch im übrigen angenähert die gleiche gewesen sein. Und aufserdem beeinflussen die Schwankungen der Aufsenluft, wie wir gesehen haben, keineswegs in gleichem Mafse den Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft.

Die Luft eines Zimmers, dessen Fenster und Türen geschlossen bleiben, nimmt nach Mafsgabe seiner baulichen Beschaffenheit einen gewissen Feuchtigkeitsgehalt an, den sie zähe festhält. Eintretender Regen, der nicht zu lange anhält, und der regelmäfsige nächtliche Anstieg der relativen Feuchtigkeit

der Aufsenluft machen sich im Zimmer meistens, zur Sommerszeit wenigstens, überhaupt nicht bemerkbar. Während die Kurve der relativen Luftfeuchtigkeit im Freien sich von Tag zu Nacht so typisch verändert, dafs ihr Verlauf ohne weiteres Tagzeit und Nachtzeit unterscheiden läfst, ist dies bei der Zimmerkurve bei weitem nicht der Fall.

Im allgemeinen wird die Luft eines unbewohnten Zimmers, im Mittel einer längeren Beobachtungszeit, eher einen niedrigeren denn einen höheren Feuchtigkeitsgehalt aufweisen, als ihn die Aufsenluft im Mittel zeigt. Denn im Zimmer kommen jene Zufälligkeiten, welche den Gang der Luftfeuchtigkeit im Freien vorübergehend des öfteren verändern und zwar fast ausschliefslich erhöhen, kaum zur Geltung.

Dementsprechend wurde die Luftfeuchtigkeit des Versuchszimmers, in versuchsfreier Zeit, etwas niedriger als im Freien gefunden, wie die nachstehenden Beobachtungen zeigen, welche auch erkennen lassen, wie überaus gleichmäfsig das Zimmer, unbeeinflufst durch die Schwankungen der Aufsenluft, seinen Feuchtigkeits- und Temperaturzustand durch Wochen hindurch bewahrte.

Beobachtungen vom 10.—21. Juni 1903 ergaben als Gesamtmittel aus 12 Tagesmitteln:

| | Temperatur | Rel. Feuchtigkeit | Absol. Feuchtigkeit |
|---|---|---|---|
| Aufsenluft . . | 16,8[1] | 74%[3] | 10,5 g/cbm |
| Innenluft . . | 16,8[2] | 62%[4] | 8,8 g/cbm, |

während die absoluten Minima und Maxima der Temperatur und relativen Feuchtigkeit waren:

| | Temp., Min. | Maximum | Rel. Feucht., Min. | Maximum |
|---|---|---|---|---|
| Aufsenluft . . | 11,1° | 25,0° | 42% | 98% |
| Innenluft . . | 16,2° | 17,2° | 59% | 64% |

1) Für Aufsenluft ist: 16,8 = (16,2 + 18,8 + 16,1 + 15,1 + 14,9 + 16,6 + 16,8 + 16,4 + 16,6 + 19,2 + 19,8 + 15,6) : 12.

2) Für Innenluft ist: 16,8 = (17,0 + 17,0 + 17,2 + 17,0 + 16,9 + 16,4 + 16,2 + 16,4 + 16,4 + 16,4 + 17,0 + 17,1) : 12.

3) Für Aufsenluft ist: 74 = (91 + 73 + 78 + 68 + 77 + 83 + 75 + 66 + 64 + 63 + 76 + 77) : 12.

4) Für Innenluft ist: 62 = (62 + 63 + 63 + 61 + 62 + 64 + 63 + 62 + 59 + 61 + 64 + 63) : 12.

Die natürliche Lüftung des Versuchszimmers braucht daher bei Betrachtung der vorliegenden Frage, wo es sich um den Feuchtigkeitsanstieg infolge Verdampfung innerhalb weniger als einer Stunde und allenfalls noch um den nachherigen Abfall während mehrerer Stunden handelt, überhaupt kaum berücksichtigt zu werden, um so weniger im Hinblick auf den Vergleich zweier Zustände (»Möbliert« und »Unmöbliert«) an der Hand von Mittelzahlen.

In die Tür des Versuchszimmers waren in Kopfhöhe zwei Guckfensterchen (Uhrgläser) eingekittet, durch welche ein Thermometer und Hygrometer beobachtet werden konnten. Aus äufseren Gründen mufste dieses Hygrometer recht klein sein; wir verwendeten daher ein Wurstersches Kleider-Haarhygrometer, welches mit einem gröfseren Koppeschen Haarhygrometer, das im Freien aufgestellt und ebenfalls im Verlauf der Versuche öfter abgelesen wurde, ziemlich gut übereinstimmte. Vor der Ablesung konnte, durch Klopfen von aufsen vor der Tür her, ein Widerstand, der sich etwa der Bewegung des Zeigers am Hygrometer entgegensetzte, überwunden werden, was bei solchen Beobachtungen häufig nicht ganz belanglos ist. Aufserdem waren im Zimmer noch auf einem Schrank ein Registrierthermometer und ein Registrierhygrometer aufgestellt, von deren Anzeigen, wenngleich diese an sich erheblich weniger genau waren, wertvolle Aufschlüsse über die Gröfse der Schwankungen erwartet werden konnten. Das Registrierhygrometer machte durchschnittlich etwa 6—7 % zu hohe Angaben; einen Einflufs auf unsere Berechnung der Gröfse des Zuwachses hatte dieser Umstand nicht. Im übrigen wurden die Instrumente möglichst genau justiert und kontrolliert.

Von vornherein stand fest, dafs zur Vermeidung von Zufälligkeiten eine gröfsere Anzahl von Versuchen angestellt und die Ergebnisse zu Mittelwerten zusammengelegt werden mufsten. Im folgenden sind die Resultate sowohl für das möblierte wie für das leere Zimmer in dieser Weise zusammengefafst.

(Siehe Tabelle I auf S. 26.)

Tabelle I.

**Zimmer möbliert.**

Anstiege der relativen Luftfeuchtigkeit während der Verdampfung von nahezu 2 l Wasser.

| Nr. | Datum 1903 | Wasserverdampfung Menge | Zeit | Die Hygrometer steigen an: a) Hygrometer in Kopfhöhe b) Registrierhygrometer auf Schrank | Stündliche natürliche Lüftung |
|---|---|---|---|---|---|
| | | g | Min. | | |
| 1 | Do 7. Mai | 1822 | 33 | a) Von 51 auf 69, oder um + 18 %<br>b) » 60 » 85, » » + 25 » | 0,27 |
| 2 | Fr 8. Mai | 1671 | 28 | a) Von 58 auf 70, oder um + 12 »<br>b) » 65 » 86, » » + 21 » | 0,21 |
| 8 | Do 28. Mai | 1820 | 30 | a) Von 66 auf 75, oder um + 9 »<br>b) » 77 » 86, » » + 9 » | — |
| 9 | Sa 30. Mai | 2050 | 40 | a) Von 58 auf 71, oder um + 13 »<br>b) » 59 » 86, » » + 17 » | — |
| 10 | Mi 3. Juni | 1940 | 38 | a) Von 53 auf 69, oder um + 16 »<br>b) » 58 » 85, » » + 27 » | — |
| 11 | Do 4. Juni | 2010 | 38 | a) Von 56 auf 70, oder um + 14 »<br>b) » 61 » 85, » » + 24 » | — |
| 12 | Fr 5. Juni | 1955 | 38 | a) Von 53 auf 68, oder um + 15 »<br>b) » 58 » 86, » » + 28 » | — |
| 16 | Fr 3. Juli | 1910 | 35 | a) Von 50 auf 63, oder um + 13 »<br>b) » 54 » 81, » » + 27 » | — |
| | Mittel | 1897 | 35 | a) Von 56 auf 70, oder um + 14 %<br>b) » 63 » 85, » » + 22 »<br>Mittel = + 18 % | 0,24 |

Tabelle 1 zeigt in der Hauptsache folgendes:

Nahezu zwei Liter Wasser wurden im Mittel während etwa einer halben Stunde verdampft. Hierdurch stieg die relative Luftfeuchtigkeit im Mittel von Kopf- und Schrankhöhe um $\frac{14 + 22}{2} = 18\%$.

Dafs der Zuwachs an Feuchtigkeit in Schrankhöhe gröfser als in Kopfhöhe war, erregt kein Befremden. Das Mittel aus Kopf- und Schrankhöhe ergibt den mittleren Zuwachs für das ganze Zimmer eher zu hoch als zu niedrig, wodurch die Folgerungen in diesem Betreff, soweit neu, nur um so sicherer werden.

Im Mittel waren im möblierten Zimmer nicht weniger als 1897 : 18 = 105,4 g Wasser nötig, um 100 cbm Luft von 23,0° C[1]) um 1% höher zu befeuchten, gegen 20,4 g theoretisch, d. h. unter Vernachlässigung der Wasserdampfabsorption.

Tabelle II.

**Zimmer leer.**

Anstiege der relativen Luftfeuchtigkeit während der Verdampfung von nahezu 2 l Wasser.

| Nr. | Datum 1903 | Wasserverdampfung Menge | Zeit | Die Hygrometer steigen an: a) Hygrometer in Kopfhöhe b) Registrierhygrometer auf Schrank | Stündliche natürliche Lüftung |
|---|---|---|---|---|---|
| | | g | Min. | | |
| 3 | Do 14. Mai | 1645 | 35 | a) Von 57 auf 75, oder um + 18%<br>b) » 65 » 86, » » + 21 » | 0,24 |
| 4 | Fr 15. Mai | 1735 | 45 | a) Von 61 auf 75, oder um + 14 »<br>b) » 71 » 87, » » + 16 » | 0,25 |
| 5 | Sa 16. Mai | 1920 | 35 | a) Von 65 auf 77, oder um + 12 »<br>b) » 75 » 87, » » + 12 » | — |
| 6 | Fr 22. Mai | 2005 | 40 | a) Von 58 auf 77, oder um + 19 »<br>b) » 72 » 87, » » + 15 » | — |
| 7 | Mi 27. Mai | 1830 | 30 | a) Von 62 auf 76, oder um + 14 »<br>b) » 70 » 86, » » + 16 » | — |
| 13 | Sa 6. Juni | 1880 | 33 | a) Von 55 auf 71, oder um + 16 »<br>b) » 61 » 86, » » + 25 » | — |
| 14 | Mi 1. Juli | 1790 | 38 | a) Von 58 auf 74, oder um + 16 »<br>b) » 54 » 83, » » + 29 » | — |
| 15 | Do 2. Juli | 1900 | 34 | a) Von 53 auf 71, oder um + 18 »<br>b) » 57 » 83, » » + 26 » | — |
| | Mittel | 1838 | 36 | a) Von 60 auf 76, oder um + 16%<br>b) » 66 » 86, » » + 20 » | 0,24 |
| | | | | Mittel = + 18% | |

Tabelle 2 läfst erkennen: Nahezu 2 l Wasser wurden in etwa einer halben Stunde verdampft, die relative Luftfeuchtigkeit stieg hierdurch um $\frac{16 + 20}{2} = 18\%$, ganz wie vorher im möblierten Zimmer.

Im Mittel zeigten sich im leeren Zimmer mindestens 1838 : 18 = 102,1 g Wasser erforderlich, um 100 cbm Luft von 20,0° C[2]) um 1% höher zu befeuchten, gegen 17,2 g Wasser theoretisch.

1) 23,0° als Mittelzahl aus Tabelle IV.

2) 20,0° als Mittelzahl aus Tabelle V.

Ein Vergleich der beiden Tabellen läfst keinesfalls einen Vorteil zugunsten der Möblierung ersehen, obwohl doch ein solcher bestehen mufs; aber der Vorteil kommt offenbar während der kurzen Verdampfungsdauer noch nicht zur Geltung. Der Umstand, dafs gleicherweise im möblierten wie im leeren Zimmer zur Erzielung eines gewissen Zuwachses über das Fünffache mehr Wasserdampf als theoretisch zu erwarten war, zugeführt werden konnte, dürfte darauf hindeuten, dafs es in erster Linie nicht das Mobiliar, sondern die Wände eines Zimmers sind, welche den Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft in Schranken halten.

Tabelle III.

Schwankungen der Luftfeuchtigkeit und der Temperatur im Freien und im Versuchszimmer während der Versuchstage, das ist 12 Stunden vor bis 12 Stunden nach der Verdampfung.

| Nr. | Datum 1903 | Zimmer möbliert oder leer | Im Freien | | Im Zimmer | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Rel. Feucht. | Temperatur | Rel. Feucht. | Temperatur |
| | | | % | °C | % | °C |
| 1 | Do 7. Mai | Möbliert | 51 bis 76 | 12,5 bis 20,5 | 55 bis 85 | 20,2 bis 21,3 |
| 2 | Fr 8. Mai | » | 45 » 73 | 8,2 » 19,0 | 63 » 86 | 19,3 » 21,2 |
| 3 | Do 14. Mai | Leer | 48 » 74 | 5,9 » 17,5 | 64 » 86 | 16,0 » 17,0 |
| 4 | Fr 15. Mai | » | 51 » 77 | 11,8 » 18,7 | 71 » 87 | 16,8 » 17,4 |
| 5 | Sa 16. Mai | » | 59 » 82 | 12,3 » 18,0 | 75 » 87 | 16,8 » 17,7 |
| 6 | Fr 22. Mai | » | 57 » 79 | 10,7 » 19,2 | 72 » 87 | 16,0 » 17,0 |
| 7 | Mi 27. Mai | » | 66 » 97 | 9,8 » 19,5 | 70 » 86 | 19,0 » 20,0 |
| 8 | Do 28. Mai | Möbliert | 52 » 78 | 11,9 » 23,8 | 77 » 86 | 20,0 » 21,5 |
| 9 | Sa 30. Mai | » | 36 » 69 | 15,2 » 28,3 | 66 » 85 | 21,0 » 22,5 |
| 10 | Mi 3. Juni | » | 55 » 73 | 13,9 » 20,4 | 58 » 86 | 21,5 » 24,0 |
| 11 | Do 4. Juni | » | 51 » 82 | 11,2 » 19,0 | 61 » 85 | 22,6 » 24,0 |
| 12 | Fr 5. Juni | » | 75 » 82 | 10,2 » 16,5 | 57 » 86 | 22,0 » 23,5 |
| 13 | Sa 6. Juni | Leer | 67 » 92 | 9,6 » 19,6 | 61 » 86 | 21,0 » 22,2 |
| 14 | Mi 1. Juli | » | 49 » 71 | 14,0 » 22,5 | 53 » 83 | 22,6 » 23,8 |
| 15 | Do 2. Juli | » | 51 » 65 | 16,7 » 27,5 | 57 » 83 | 23,2 » 24,5 |
| 16 | Fr 3. Juli | Möbliert | 36 » 63 | 16,3 » 30,7 | 54 » 81 | 25,0 » 26,2 |
| | | Mittel | 53 bis 78 | 11,9 bis 29,3 | 63 bis 86 | 20,2 bis 21,5 |
| | | | Diff. 25% | Diff. 9,4° | Diff. 23% | Diff. 1,3° |
| | | | Mitt. 66% | Mitt. 16,6° | Mitt. 75% | Mitt. 20,9° |

Rel. Feuchtigk. von 66% bei 16,6° = absol. 66 × 0,141 = 9,3 g/cbm Aufsenluft
» » » 25 » » 16,6° = » 25 × 0,141 = 3,5 » »
» » » 75 » » 20,9° = » 75 × 0,181 = 13,6 » Innenluft
» » » 23 » » 20,9° = » 23 × 0,181 = 4,2 » »

Für den Durchschnitt der Versuchstage ist im wesentlichen das Nachstehende aus Tabelle 3 ersichtlich:

Die Schwankungen der Lufttemperatur waren im Zimmer während der Versuche erheblich geringer als im Freien (1,3 gegen 9,4). Doch war die Lufttemperatur an sich im Zimmer höher, sie betrug im Mittel 20,9° gegen 16,6° im Freien. Die relative Luftfeuchtigkeit war hier wie dort ungefähr die gleiche (66 gegen 75 oder, mit Korrektion von Minus 7, etwa 66 gegen 68), und daher die absolute Feuchtigkeit im Zimmer gröfser (13,6 gegen 9,3 g), eben infolge der anhaltenden Wasserverdampfung.

Tabelle IV.

**Zimmer möbliert.** Luftfeuchtigkeit und Temperatur im Freien und im Versuchszimmer zu Beginn und zu Schlufs der Verdampfung.

| Nr. | Datum 1903 | Im Freien während der Verdampfung | | Im Zimmer zu Beginn[1]) der Verdampfung | | Im Zimmer zu Schlufs[1]) der Verdampfung | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | f | t | f | t | f | t |
| | | % | °C | % | °C | % | °C |
| 1 | Do 7. Mai | 51 | 18,8 | 60 (51) | 20,5 | 85 (69) | 21,3 |
| 2 | Fr 8. Mai | 52 | 16,7 | 65 (58) | 19,3 | 86 (70) | 21,2 |
| 8 | Do 28. Mai | 59 | 21,5 | 77 (66) | 20,0 | 86 (75) | 21,5 |
| 9 | Sa 30. Mai | 53 | 22,6 | 69 (58) | 21,0 | 86 (71) | 22,5 |
| 10 | Mi 3. Juni | 60 | 18,3 | 58 (53) | 21,5 | 85 (69) | 24,0 |
| 11 | Do 4. Juni | 61 | 15,0 | 61 (56) | 22,6 | 85 (70) | 24,0 |
| 12 | Fr 5. Juni | 80 | 14,5 | 58 (53) | 22,0 | 86 (68) | 23,5 |
| 16 | Fr 3. Juli | 43 | 26,7 | 54 (50) | 25,0 | 81 (63) | 26,2 |
| | Mittel | 57 | 19,3 | 63 (56) | 21,5 | 85 (70) | 23,0 |

Rel. Feuchtigk. von 57% bei 19,3° = absol. 57 × 0,165 = 9,4 g/cbm Aufsenluft
» » » 63 » » 21,5° = » 63 × 0,188 = 11,8 » Innenluft
» » » 56 » » 21,5° = » 56 × 0,188 = 10,5 » »
» » » 85 » » 23,0° = » 85 × 0,204 = 17,3 » »
» » » 70 » » 23,0° = » 70 × 0,204 = 14,3 » »

Nach Tabelle 4 wurde die relative Luftfeuchtigkeit des möblierten Zimmers durch die Verdampfung um $\frac{85+70}{2} - \frac{63-56}{2}$ $= 78 - 60 = 18\%$ gesteigert, was in etwas anderer Weise bereits

1) Hierunter sind neben die Anzeigen des Registrierhygrometers die Angaben des anderen Hygrometers, s. Tabelle I, in Klammern gesetzt.

Tabelle 1 zeigte, und die absolute um $\frac{17,3 + 14,3}{2} - \frac{11,8 + 10,5}{2}$ $= 15,8 - 11,2 = 4,6$ g/cbm erhöht.

Schon vor Beginn der Verdampfung war in der Regel im Zimmer eine etwas gröfsere Feuchtigkeitsmenge als im Freien vorhanden. Wahrscheinlich trug hieran der jeweils vorausgegangene Versuch schuld. Denn dafs in versuchsfreier Zeit die Zimmerluft nicht feuchter, sondern im Gegenteil trockener als die Aufsenluft war, haben wir bereits berührt. Zwar waren die relativen Feuchtigkeiten annähernd gleich (Aufsenluft 57, Innenluft 56), jedoch die Temperaturen verschieden (19,3 gegen 21,5), so dafs im Mittel die absolute Feuchtigkeit der Zimmerluft $56 \times 0,188 = 10,5$ und jene der Aufsenluft etwas weniger, nämlich nur 9,4 g/cbm betrug. Ausnahmsweise wies im Versuch Nr. 12 die Aufsenluft eine wesentlich höhere relative Feuchtigkeit auf (80 gegen 53), immerhin jedoch eine geringere absolute (9,9 gegen 10,2).

Tabelle V.

**Zimmer leer.** Luftfeuchtigkeit und Temperatur im Freien und im Versuchszimmer zu Beginn und zu Schlufs der Verdampfung.

| Nr. | Datum 1903 | Im Freien während der Verdampfung | | Im Zimmer zu Beginn der Verdampfung | | Im Zimmer zu Schlufs der Verdampfung | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | f | t | f | t | f | t |
| | | % | ° C | % | ° C | % | ° C |
| 3 | Do 14. Mai | 57 | 14,4 | 65 (57) | 16,0 | 86 (75) | 17,0 |
| 4 | Fr 15. Mai | 60 | 16,6 | 71 (61) | 16,8 | 87 (75) | 17,4 |
| 5 | Sa 16. Mai | 64 | 15,8 | 75 (65) | 16,8 | 87 (77) | 17,7 |
| 6 | Fr 22. Mai | 64 | 16,5 | 72 (58) | 16,0 | 87 (77) | 17,0 |
| 7 | Mi 27. Mai | 74 | 16,9 | 70 (62) | 19,0 | 86 (76) | 20,0 |
| 13 | Sa 6. Juni | 74 | 15,5 | 61 (55) | 21,0 | 86 (71) | 22,2 |
| 14 | Mi 1. Juli | 60 | 18,6 | 54 (58) | 22,6 | 83 (74) | 23,8 |
| 15 | Do 2. Juli | 56 | 23,7 | 57 (53) | 23,2 | 83 (71) | 24,5 |
| | Mittel | 63 | 17,3 | 66 (60) | 19,0 | 86 (76) | 20,0 |

Rel. Feuchtigk. von 63% bei 17,3° = absol. $63 \times 0,147 = 9,3$ g/cbm Aufsenluft
» » » 66 » » 19,0° = » $66 \times 0,162 = 10,7$ » Innenluft
» » » 60 » » 19,0° = » $60 \times 0,162 = 9,7$ » »
» » » 86 » » 20,0° = » $86 \times 0,172 = 14,8$ » »
» » » 76 » » 20,0° = » $76 \times 0,172 = 13,1$ » »

Tabelle 5 führt auf das gleiche Resultat wie Tabelle 4.

Die relative Luftfeuchtigkeit wurde auch im leeren Zimmer durch die Verdampfung um $\frac{86 + 76}{2} - \frac{66 - 60}{2} = 81 - 63 =$ 18% gesteigert, das ist absolut um $\frac{14{,}8 - 13{,}1}{2} - \frac{10{,}7 - 9{,}7}{2} =$ $14{,}0 - 10{,}2 = 3{,}8$ g/cbm.

Bereits vor Beginn der Verdampfung war auch im leeren Zimmer in der Regel eine um ein Geringes höhere absolute Luftfeuchtigkeit als im Freien vorhanden. Zwar waren die relativen Feuchtigkeiten durchschnittlich annähernd gleich (aufsen 63, Zimmer 60), jedoch die Temperatur draufsen niedriger (17,3 gegen 19,0), so dafs die absolute Feuchtigkeit der Zimmerluft im Mittel $60 \times 0{,}162 = 9{,}7$ und jene der Aufsenluft etwas weniger, nämlich $63 \times 0{,}147 = 9{,}3$ g/cbm betrug.

Aus einem Vergleich von Tabelle 4 und 5 läfst sich noch durchaus kein Vorteil einer Möblierung des Zimmers im Hinblick auf die Feuchtigkeitsverhältnisse folgern; auch nicht aus den beiden folgenden Tabellen.

Tabelle VI.

**Zimmer möbliert.** Schwankungen der Luftfeuchtigkeit und Temperatur im Freien und im Versuchszimmer während 12 Stunden nach der Verdampfung.

| Nr. | Datum 1903 | Im Freien | | Im Zimmer | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Rel. Feucht. | Temperatur | Rel. Feucht. | Temperatur |
| | | % | ° C | % | ° C |
| 1 | Do 7. Mai | 51 bis 71 | 12,5 bis 18,8 | 64 bis 85 | 20,5 bis 21,3 |
| 2 | Fr 8. Mai | 45 » 66 | 14,3 » 18,1 | 70 » 86 | 21,0 » 21,2 |
| 8 | Do 28. Mai | 52 » 73 | 18,6 » 23,7 | 83 » 86 | 20,5 » 21,5 |
| 9 | Sa 30. Mai | 36 » 60 | 20,9 » 26,4 | 76 » 86 | 21,7 » 22,5 |
| 10 | Mi 3. Juni | 55 » 68 | 15,6 » 19,4 | 66 » 85 | 23,8 » 24,0 |
| 11 | Do 4. Juni | 51 » 51 | 12,9 » 16,8 | 61 » 85 | 22,9 » 24,0 |
| 12 | Fr 5. Juni | 80 » 82 | 14,9 » 15,4 | 65 » 86 | 22,0 » 23,5 |
| 16 | Fr 3. Juli | 36 » 53 | 25,4 » 29,0 | 63 » 81 | 25,2 » 26,2 |
| | Mittel | 51 bis 66 | 16,9 bis 20,9 | 69 bis 85 | 22,2 bis 23,0 |
| | | Diff. 15% | Diff. 4,0° | Diff. 16% | Diff. 0,8° |
| | | Mitt. 58% | Mitt. 18,9° | Mitt. 77% | Mitt. 22,6° |

Rel. Feuchtigk. von 58% bei 18,9° = absol. $58 \times 0{,}161 = 9{,}3$ g/cbm Aufsenluft
» » » 15 » » 18,9° = » $15 \times 0{,}161 = 2{,}4$ » »
» » » 77 » » 22,6° = » $77 \times 0{,}200 = 15{,}4$ » Innenluft
» » » 16 » » 22,6° = » $16 \times 0{,}200 = 3{,}2$ » »

Tabelle VII.

**Zimmer leer.** Schwankungen der Luftfeuchtigkeit und Temperatur im Freien und im Versuchszimmer während 12 Stunden nach der Verdampfung.

| Nr. | Datum 1903 | Im Freien | | Im Zimmer | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Rel. Feucht. | Temperatur | Rel. Feucht. | Temperatur |
| | | % | ° C | % | ° C |
| 3 | Do 14. Mai | 48 bis 62 | 13,7 bis 16,4 | 75 bis 86 | 16,4 bis 17,0 |
| 4 | Fr 15. Mai | 51 » 72 | 14,2 » 18,5 | 80 » 87 | 17,2 » 17,4 |
| 5 | Sa 16. Mai | 59 » 82 | 12,3 » 17,6 | 76 » 87 | 17,4 » 17,7 |
| 6 | Fr 22. Mai | 57 » 79 | 14,1 » 18,5 | 82 » 87 | 16,4 » 17,0 |
| 7 | Mi 27. Mai | 66 » 86 | 15,5 » 18,5 | 81 » 86 | 19,5 » 20,0 |
| 13 | Sa 6. Juni | 67 » 73 | 14,7 » 17,5 | 68 » 86 | 21,7 » 22,2 |
| 14 | Mi 1. Juli | 49 » 60 | 18,7 » 21,5 | 59 » 63 | 22,8 » 23,8 |
| 15 | Do 2. Juli | 51 » 59 | 21,0 » 26,1 | 66 » 83 | 23,9 » 24,5 |
| | Mittel | 56 bis 72 | 15,5 bis 19,3 | 74 bis 86 | 19,4 bis 20,0 |
| | | Diff. 16% | Diff. 3,8° | Diff. 12% | Diff. 0,6° |
| | | Mitt. 64% | Mitt. 17,4° | Mitt. 80% | Mitt. 19,7° |

Rel. Feuchtigk. von 64% bei 17,4° = absol. 64 × 0,147 = 9,4 g/cbm Aufsenluft
» » » 16 » » 17,4° = » 16 × 0,147 = 2,4 » »
» » » 80 » » 19,7° = » 80 × 0,169 = 13,5 » Innenluft
» » » 12 » » 19,7° = » 12 × 0,169 = 2,0 » »

Tabelle VIII.

**Zimmer möbliert.** Relative Luftfeuchtigkeit nach den Anzeigen des Registrierhygrometers. a) Vor beginnender Wasserverdampfung.

| Nr. | Stunden vor Beginn der Wasserverdampfung | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12 St. | 6 St. | 5 St. | 4 St. | 3 St. | 2 St. | 1 St. | 0 St. |
| | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 1 | 55 | 59 | 59 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| 2 | 65 | 64 | 63 | 63 | 63 | 65 | 65 | 65 |
| 8 | 81 | 78 | 78 | 78 | 77 | 78 | 77 | 77 |
| 9 | 66 | 69 | 69 | 69 | 69 | 69 | 69 | 69 |
| 10 | 65 | 64 | 65 | 63 | 61 | 59 | 58 | 58 |
| 11 | 66 | 64 | 64 | 64 | 63 | 62 | 61 | 61 |
| 12 | 61 | 58 | 58 | 57 | 57 | 57 | 58 | 58 |
| 16 | 65 | 63 | 62 | 61 | 61 | 53 | 54 | 54 |
| Mittel | 65 | 65 | 65 | 64 | 64 | 63 | 63 | 63 |

Mittel 64%.

Die entsprechenden absoluten Feuchtigkeiten, für 100 cbm Luft berechnet, betrugen in Gramm:

| Mittel | 1215 | 1215 | 1215 | 1197 | 1197 | 1178 | 1178 | 1178 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

Mittel 1200.

Tabelle 8 beweist, dafs die Luftfeuchtigkeit im möblierten Zimmer vor Beginn der Verdampfung sehr geringen Schwankungen unterworfen war.

Tabelle IX.

**Zimmer möbliert.**

Relative Luftfeuchtigkeit nach den Anzeigen des Registrierhygrometers.

b) Nach beendigter Wasserverdampfung.

| Nr. | Stunden nach Schlufs der Wasserverdampfung | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 St. | 1 St. | 2 St. | 3 St. | 4 St. | 5 St. | 6 St. | 8 St. | 10 St. | 12 St. | 24 St. |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 1 | 85 | 77 | 76 | 74 | 73 | 71 | 69 | 66 | 65 | 64 | 65 |
| 2 | 86 | 82 | 79 | 78 | 77 | 76 | 75 | 73 | 71 | 70 | 67 |
| 8 | 86 | 86 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 84 | 83 | 79 |
| 9 | 86 | 85 | 85 | 83 | 80 | 78 | 77 | 77 | 77 | 76 | 73 |
| 10 | 85 | 83 | 77 | 74 | 71 | 70 | 68 | 67 | 67 | 66 | 61 |
| 11 | 85 | 80 | 75 | 70 | 67 | 65 | 64 | 63 | 62 | 61 | 58 |
| 12 | 86 | 79 | 75 | 70 | 69 | 68 | 68 | 66 | 65 | 65 | 61 |
| 16 | 81 | 75 | 71 | 67 | 67 | 67 | 67 | 66 | 64 | 63 | 59 |
| Mittel | 85 | 81 | 78 | 75 | 74 | 73 | 72 | 71 | 70 | 69 | 65 |

Die entsprechenden absoluten Feuchtigkeiten, für 100 cbm Luft berechnet, betrugen in Gramm:

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | 1700 | 1620 | 1560 | 1500 | 1480 | 1460 | 1440 | 1420 | 1400 | 1380 | 1243 |

(Siehe Tabelle X auf S. 34.)

Tabelle 9 und 10 zeigen, dafs im möblierten Zimmer rasch verhältnismäfsig grofse Mengen des verdampften Wassers verschwinden. Von den 500 g Wasser, welche gleich nach der Verdampfung der 1900 g Wasser als Zuwachs in der Luft nachgewiesen wurden, waren nach 1 Stunde 80 g aus der Luft verschwunden, nach 3 Stunden 200 g, nach 12 Stunden 320 g und nach 24 Stunden 380 g.

(Siehe Tabelle XI auf S. 35.)

Aus Tabelle 11 geht hervor, dafs die Luftfeuchtigkeit vor Beginn der Verdampfung auch im leeren Zimmer nur minimalen Schwankungen ausgesetzt war.

Tabelle X. **Zimmer möbliert.**

Abnahmen der relativen Luftfeuchtigkeit nach beendigter Wasserverdampfung, berechnet nach den Anzeigen des Registrierhygrometers.

| Nr. | Stunden nach Schlufs der Wasserverdampfung | | | | | | | | | | Anstieg hatte betragen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 St. | 2 St. | 3 St. | 4 St. | 5 St. | 6 St. | 8 St. | 10 St. | 12 St. | 24 St. | |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 1 | — 8 (8) | — 9 (1) | — 11 (2) | — 12 (1) | — 14 (2) | — 16 (2) | — 19 (3) | — 20 (1) | — 21 (1) | — 22 (1) | + 25 |
| 2 | — 4 (4) | — 7 (3) | — 8 (1) | — 9 (1) | — 10 (1) | — 10 (0) | — 12 (2) | — 14 (2) | — 15 (1) | — 18 (3) | + 21 |
| 8 | — 0 (0) | — 1 (1) | — 1 (0) | — 1 (0) | — 1 (0) | — 1 (0) | — 1 (0) | — 2 (1) | — 3 (1) | — 7 (4) | + 9 |
| 9 | — 1 (1) | — 1 (0) | — 3 (2) | — 6 (3) | — 8 (2) | — 9 (1) | — 9 (0) | — 9 (0) | — 10 (1) | — 13 (3) | + 17 |
| 10 | — 2 (2) | — 8 (6) | — 11 (3) | — 14 (3) | — 15 (1) | — 17 (2) | — 18 (1) | — 18 (0) | — 19 (1) | — 24 (5) | + 27 |
| 11 | — 5 (5) | — 10 (5) | — 15 (5) | — 18 (3) | — 20 (2) | — 21 (1) | — 22 (1) | — 23 (1) | — 24 (1) | — 27 (3) | + 24 |
| 12 | — 6 (6) | — 10 (4) | — 15 (5) | — 16 (1) | — 17 (1) | — 17 (0) | — 19 (2) | — 20 (1) | — 20 (0) | — 24 (4) | + 28 |
| 16 | — 6 (6) | — 10 (4) | — 14 (4) | — 14 (0) | — 14 (0) | — 14 (0) | — 15 (1) | — 17 (2) | — 18 (1) | — 22 (4) | + 27 |
| Mittel | — 4 (4) | — 7 (3) | — 10 (3) | — 11 (1) | — 12 (1) | — 13 (1) | — 14 (1) | — 15 (1) | — 16 (1) | — 20 (4) | + 22 |

Die entsprechenden Abnahmen der absoluten Feuchtigkeit, für 100 cbm Luft berechnet, betrugen in Gramm:

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | — 80 | — 140 | — 200 | — 220 | — 240 | — 260 | — 280 | — 300 | — 320 | — 380 | + 500 g |

Zum Vergleich hiermit diene:

In runden Zahlen waren im Mittel 1900 g Wasser verdampft worden; 1700 — 1200 = 500 g Wasser waren nach der Verdampfung als Zuwachs in der Luft nachweisbar; 1900 — 500 = 1400 g Wasser waren während der halbstündigen Verdampfung der Luft entzogen worden.

Tabelle XI.

**Zimmer leer.** Relative Luftfeuchtigkeit nach den Anzeigen des Registrierhygrometers. a) Vor beginnender Wasserverdampfung.

| Nr. | Stunden vor Beginn der Wasserverdampfung | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12 St. | 6 St. | 5 St. | 4 St. | 3 St. | 2 St. | 1 St. | 0 St. |
| | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 3 | 66 | 65 | 64 | 64 | 64 | 64 | 65 | 65 |
| 4 | 75 | 73 | 72 | 72 | 71 | 71 | 71 | 71 |
| 5 | 79 | 76 | 76 | 76 | 75 | 75 | 75 | 75 |
| 6 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 | 72 |
| 7 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 13 | 65 | 64 | 64 | 64 | 63 | 61 | 61 | 61 |
| 14 | 53 | 53 | 53 | 53 | 53 | 54 | 54 | 54 |
| 15 | 59 | 58 | 58 | 58 | 57 | 57 | 57 | 57 |
| Mittel | 67 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 |

Mittel 66%.

Die entsprechenden absoluten Feuchtigkeiten, für 100 cbm Luft berechnet, betrugen in Gramm:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | 1085 | 1069 | 1069 | 1069 | 1069 | 1069 | 1069 | 1069 |

Mittel 1070 g.

Tabelle XII.

**Zimmer leer.** Relative Luftfeuchtigkeit nach den Anzeigen des Registrierhygrometers. b) Nach beendigter Wasserverdampfung.

| Nr. | Stunden nach Schlufs der Wasserverdampfung | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 St. | 1 St. | 2 St. | 3 St. | 4 St. | 5 St. | 6 St. | 8 St. | 10 St. | 12 St. | 24 St. |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 3 | 86 | 85 | 84 | 80 | 77 | 76 | 76 | 76 | 76 | 75 | 71 |
| 4 | 87 | 87 | 86 | 85 | 85 | 84 | 83 | 82 | 81 | 80 | 75 |
| 5 | 87 | 87 | 86 | 86 | 86 | 86 | 80 | 80 | 78 | 76 | 72 |
| 6 | 87 | 86 | 86 | 85 | 85 | 84 | 84 | 83 | 83 | 82 | 77 |
| 7 | 86 | 86 | 85 | 84 | 84 | 84 | 84 | 83 | 82 | 81 | 77 |
| 13 | 86 | 86 | 83 | 81 | 78 | 77 | 76 | 73 | 70 | 68 | 64 |
| 14 | 83 | 78 | 74 | 67 | 64 | 62 | 61 | 60 | 59 | 59 | 57 |
| 15 | 83 | 82 | 78 | 75 | 72 | 71 | 71 | 69 | 68 | 66 | 58 |
| Mittel | 86 | 85 | 83 | 81 | 79 | 78 | 77 | 76 | 75 | 74 | 69 |

Die entsprechenden absoluten Feuchtigkeiten, für 100 cbm Luft berechnet, betrugen in Gramm:

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mittel | 1466 | 1446 | 1411 | 1377 | 1343 | 1326 | 1309 | 1292 | 1275 | 1261 | 1167 |

Tabelle XIII. **Zimmer leer.**

Abnahmen der relativen Luftfeuchtigkeit nach beendigter Wasserverdampfung, berechnet nach den Anzeigen des Registrierhygrometers.

| Nr. | Stunden nach Schlufs der Wasserverdampfung | | | | | | | | | | Anstieg hatte betragen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 St. | 2 St. | 3 St. | 4 St. | 5 St. | 6 St. | 8 St. | 10 St. | 12 St. | 24 St. | |
| | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 3 | — 1 (1) | — 2 (1) | — 6 (4) | — 9 (3) | — 10 (1) | — 10 (0) | — 10 (0) | — 10 (0) | — 11 (1) | — 15 (4) | + 21 |
| 4 | — 0 (0) | — 1 (1) | — 2 (1) | — 2 (0) | — 3 (1) | — 4 (1) | — 5 (1) | — 6 (1) | — 7 (1) | — 12 (5) | + 16 |
| 5 | — 0 (0) | — 1 (1) | — 1 (0) | — 1 (0) | — 1 (0) | — 7 (6) | — 7 (0) | — 9 (2) | — 11 (2) | — 15 (4) | + 12 |
| 6 | — 1 (1) | — 1 (0) | — 2 (1) | — 2 (0) | — 3 (1) | — 3 (0) | — 4 (1) | — 4 (0) | — 5 (1) | — 10 (5) | + 15 |
| 7 | — 0 (0) | — 1 (1) | — 2 (1) | — 2 (0) | — 2 (0) | — 2 (0) | — 3 (1) | — 4 (1) | — 5 (1) | — 9 (4) | + 16 |
| 13 | — 0 (0) | — 3 (3) | — 5 (2) | — 8 (3) | — 9 (1) | — 10 (1) | — 13 (3) | — 16 (3) | — 18 (2) | — 22 (4) | + 25 |
| 14 | — 5 (5) | — 9 (4) | — 16 (7) | — 19 (3) | — 21 (2) | — 22 (1) | — 23 (1) | — 24 (1) | — 24 (0) | — 26 (2) | + 29 |
| 15 | — 1 (1) | — 5 (4) | — 8 (3) | — 11 (3) | — 12 (1) | — 12 (0) | — 14 (2) | — 15 (1) | — 17 (2) | — 25 (8) | + 26 |
| Mittel | — 1 (1) | — 3 (2) | — 5 (2) | — 7 (2) | — 8 (1) | — 9 (1) | — 10 (1) | — 11 (1) | — 12 (1) | — 17 (5) | + 20 |

Die entsprechenden Abnahmen der absoluten Feuchtigkeit, für 100 cbm Luft berechnet, betrugen in Gramm:

| Mittel | — 20 | — 55 | — 89 | — 123 | — 140 | — 157 | — 174 | — 191 | — 205 | — 299 | + 400 g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

Zum Vergleich hiermit diene:

In runden Zahlen waren im Mittel 1850 g Wasser verdampft worden; 1470 — 1070 = 400 g Wasser waren nach der Verdampfung als Zuwachs in der Luft nachweisbar; 1850 — 400 = 1450 g Wasser waren während der halbstündigen Verdampfung der Luft entzogen worden.

Nur langsam verschwinden im leeren Zimmer, wie Tabelle 12 und 13 dartun, einigermaſsen beträchtliche Mengen des verdampften Wassers aus der Luft. Von den 400 g Wasser, welche unmittelbar nach der Verdampfung der 1850 g Wasser als Zuwachs in der Luft vorgefunden wurden, waren nach 1 Stunde 20 g verschwunden, nach 3 Stunden etwa 90 g, nach 12 Stunden 200 g und nach 24 Stunden 300 g.

Das leere Zimmer ist also gegen das möblierte doch erheblich im Nachteil.

Fig. 1 (S. 37) gibt die Kurven der relativen Feuchtigkeit der Zimmerluft während zweier Versuchstage (Nr. 12 möbliert und Nr. 13 leer). Man sieht, daſs nach der Wasserverdampfung im möblierten Zimmer die Kurve weit rascher als im leeren Zimmer fiel.

**Kurven der relativen Luftfeuchtigkeit.**

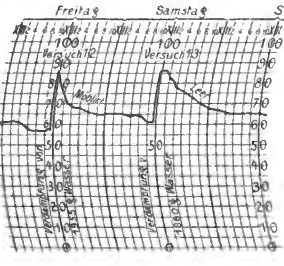



Fig. 1.

Fig. 2 und 3 stellen ebenfalls Kurven der relativen Luftfeuchtigkeit im Versuchszimmer dar; diese Kurven bedeuten jedoch Mittelwerte und zwar aus allen zugehörigen Versuchstagen.

Fig. 2 (S. 38) beweist somit, daſs die aus Fig. 1 erkennbaren Unterschiede typische sind.

Fig. 3 (S. 39) veranschaulicht die Gröſse der Abnahmen der relativen Luftfeuchtigkeit im möblierten und leeren Zimmer während der einzelnen Stunden nach der Verdampfung. Auch hierdurch wird illustriert, daſs das möblierte Zimmer mehr als das unmöblierte geeignet ist, Wasserdampf aus der Zimmerluft aufzunehmen.

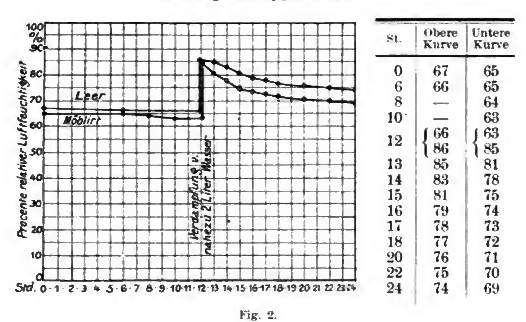
Blicken wir zurück, so erkennen wir:

Von annähernd 2 kg Wasser, die in einem 100 cbm groſsen Zimmer während einer halben Stunde verdampft wurden, waren nach beendigter Verdampfung, einerlei ob das Zimmer möbliert

oder leer benutzt wurde, nur etwa 500 g in der Luft nachweisbar. Es waren also 1500 g Wasser in der Hauptsache von den Wänden des Zimmers während der halbstündigen Verdampfung aufgenommen worden.[1])

Eine gute hygroskopische Beschaffenheit der Wände und Mauern eines Zimmers ist demnach feuchtigkeitsregulatorisch ein äufserst wichtiger Umstand und in unseren Versuchen quantitativ weit mehr als die Hygroskopizität des Mobiliars von Belang.

**Mittelwerte der relativen Luftfeuchtigkeit, berechnet aus den Anzeigen des Registrierhygrometers.**




| St. | Obere Kurve | Untere Kurve |
|---|---|---|
| 0 | 67 | 65 |
| 6 | 66 | 65 |
| 8 | — | 64 |
| 10 | — | 63 |
| 12 | 66 / 86 | 63 / 85 |
| 13 | 85 | 81 |
| 14 | 83 | 78 |
| 15 | 81 | 75 |
| 16 | 79 | 74 |
| 17 | 78 | 73 |
| 18 | 77 | 72 |
| 20 | 76 | 71 |
| 22 | 75 | 70 |
| 24 | 74 | 69 |

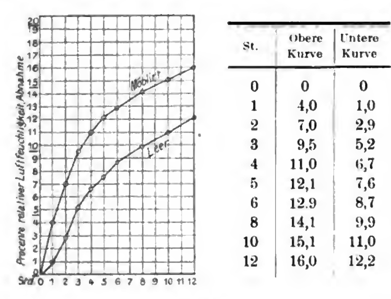
Fig. 2.

Ohne Bedeutung in dieser Beziehung ist jedoch auch das Mobiliar nicht. Denn im möblierten Zimmer dauerte es beispielsweise nur fünf bis sechs, im leeren Zimmer dagegen zwölf Stunden, bis jene am Schlufs der Verdampfung verbliebene überschüssige Wasserdampfmenge von etwa 500 g zur Hälfte aus der Luft verschwunden war; und nach 24 Stunden konnten im ersteren Falle nur noch etwa ein Fünftel, im letzteren dagegen noch etwa ein Viertel dieses Wasserdampfs in der Luft nachgewiesen werden.

1) Die Oberfläche des Zimmers betrug, wie erwähnt, 143 qm. Auf ein Quadratmeter treffen daher nur etwa 10 g und auf ein Quadratdezimeter nur ein Zehntel Gramm Wasserdampf-Absorption während der Verdampfung.

Im Hinblick auf diese Fragen darf aber natürlich nicht unberücksichtigt gelassen werden, dafs eben zwischen den Wohnräumen der Minderbemittelten und der besser Situierten ein charakteristischer Unterschied in der Menge des Mobiliars liegt, was diesen regulatorischen Einflufs auf die Luftfeuchtigkeit üben kann. Bei den ersteren ist das »Mobiliar« ein dürftiges und geringes und unter den Dingen, die besonders leicht hygroskopische Feuchtigkeit aufnehmen, in erster Linie nur das »Bett« zu nennen, das aber bei der Überfülle der Feuchtigkeit die unangenehme

**Mittelwerte der Feuchtigkeitsabnahmen nach beendeter Verdampfung von etwa 2 l Wasser, berechnet aus den Anzeigen des Registrierhygrometers.**




| St. | Obere Kurve | Untere Kurve |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 4,0 | 1,0 |
| 2 | 7,0 | 2,9 |
| 3 | 9,5 | 5,2 |
| 4 | 11,0 | 6,7 |
| 5 | 12,1 | 7,6 |
| 6 | 12.9 | 8,7 |
| 8 | 14,1 | 9,9 |
| 10 | 15,1 | 11,0 |
| 12 | 16,0 | 12,2 |

Fig. 3.

Eigenschaft annimmt, dafs die Federn schwer werden, zusammenfallen und ihren wärmehaltenden Luftreichtum verlieren.

Der Luftkubus ist dürftig, auch die Wandfläche kann dabei nur in beschränktem Mafse die von uns berührten Eigentümlichkeiten äufsern.

Man mufs weiter damit rechnen, dafs bei dem dauernden Aufenthalte der Menschen in Wohn- und Schlafräumen die regulierende Wirkung der Hygroskopizität mehr oder minder zurücktreten wird, aber immer im Verhältnis am schnellsten bei den überfüllten Wohnungen.

Ein Wohnraum, der zugleich Schlafraum ist, dieser Fall tritt aufserordentlich häufig ein, hat also die unangenehmen Schattenseiten der Feuchtigkeit vollauf zu tragen.

Vieles läfst sich daher durch eine vernünftige kurz dauernde aber intensive Lüftung vor dem Schlafen erreichen. Die in der Luft aufgespeicherte Wärme ist unbedeutend, die Wirkung des in der Luft enthaltenen Wassers aber für die Schlafzeit eine recht ungünstige.

Auf einen Umstand mag zum Schlusse noch besonders hingewiesen werden. Es ist bekannt, dafs man von verschiedenen Seiten darauf aufmerksam gemacht hat, es sei notwendig, die Luftverschlechterung der Wohnräume nach der sich anhäufenden Wasserdampfmenge an Stelle der Bestimmung des Kohlensäuregehaltes zu beurteilen. Noch immer kehrt diese völlig verkehrte Anschauung in der Literatur wieder; es wäre endlich an der Zeit, mit derartigen Vorstellungen zu brechen.

Der Dampfmafsstab bildet kein gleich sicheres Kriterium für die Luftverschlechterung in Wohnräumen wie der Kohlensäuremafsstab.

Es ist unmöglich, wie Péclet, Deny, Haesecke u. a. wollten, den Grad der Luftfeuchtigkeit in einem Wohnraum als Mafsstab für die Luftverschlechterung aus Atmung[1]) zu verwerten. Steigt in einem Wohnraum die Luftfeuchtigkeit infolge der Atmung der Bewohner stark an, so weist dies freilich auf eine starke Anhäufung von Ausatmungsprodukten in der Zimmerluft hin. Aber der gleiche Mifsstand kann auch bestehen, ohne dafs die Luftfeuchtigkeit wesentlich in die Höhe geht, sofern die Wände und Gegenstände des Zimmers infolge ihrer hygroskopischen Beschaffenheit grofse Mengen von Wasserdampf aufnehmen. In Abhängigkeit von einem abnorm geringen hygroskopischen Verhalten der Wände kann der ausgeschiedene Wasserdampf manchmal vielleicht fast völlig zur Wirkung auf das Hygrometer gelangen, da z. B., wo die Wände mit Ölfarbe gestrichen sind, und auch sonst nicht viel hygroskopisches Material vorhanden ist. In vielen, wohl den meisten Fällen wird aber nur ein Bruchteil,

1) In noch bedeutenderem Grade kommt die Hautatmung in Betracht.

etwa ein Fünftel und noch viel weniger von dem ausgeatmeten Wasserdampf auf das Hygrometer wirken, vier Fünftel und weit mehr werden aus der Luft unbemerkt absorbiert.

## Beiträge zur Kenntnis des minimalsten Schlafraumes.

In den meisten deutschen Städten wird seit vielen Jahren bereits für Nachtherbergen und Schlafgängereien zum mindesten 10 cbm pro Person vorgeschrieben; in Belgien und Frankreich 14 cbm, im Kanton Genf 16 cbm. 10 cbm gelten als Mafs pro Person für die Armenwohnungen, Logierhäuser in den Seestädten und als Mindestschlafraum in England.

Die Zahl 10 cbm kehrt in Verbesserungsvorschlägen ungemein häufig wieder; tatsächlich kommen nicht allzuwenige Fälle vor, wo bei uns in den Städten Erwachsene mit 5 cbm und selbst in den schlimmsten Fällen mit noch weniger untergebracht sind. Nachteile verstehen sich unter solchen Verhältnissen von selbst. Was die Ventilationslosigkeit anlangt, so schafft glücklicherweise oft irgendein baulicher Mangel, wie klaffende Türen, schlecht schliefsende Fenster, wenigstens Ersatz für den mangelnden Raum, freilich auch wieder nur unter Herbeiführung eben eines anderen unsanitären Zustandes (Zug, Kälte).

Die Wohnungsreform mufs sich u. a. auch mit einer Festlegung eines Mindestluftraumes beschäftigen, um der Überfüllung der Wohn- und Schlafräume entgegenzuarbeiten.

Soweit ersichtlich, beruht die Annahme eines solchen wie z. B. 10 cbm auf Erfahrungen bei Wohnungsbesichtigungen, wobei man Verhältnisse, in denen noch eine dichtere Belegung der Wohnung eintritt, als Fälle krasser Wohnungsüberfüllung beurteilen zu müssen glaubte. Es ist hierbei meist die Gesamtbelegung, Kinder und Erwachsene zusammengenommen, betrachtet worden.

Bei der Beurteilung dieser Wohnungs-Übelstände kommen nicht allein rein hygienische, sondern namentlich auch sittliche Bedenken aller Art mit in Frage.

Wer den vorstehenden Darlegungen gefolgt ist, wird sich wohl hinsichtlich der Veratmung der Luft, sowie der Vermehrung

der Luftfeuchtigkeit ein Bild solcher engen Wohnungen machen können.

Wer die praktischen Verhältnisse eines Raumes kennt, der mit Menschen à 10 cbm Luftraum belegt ist, wird ohne Zweifel über die Annehmlichkeiten dieses Mindestluftraums nicht im Zweifel sein.[1]) 10 cbm Luftraum bedeuten wohl für einen kleinen Teil der Bevölkerung eine Verbesserung ihrer Lage, einen sanitär befriedigenden Zustand stellen sie aber nicht dar, das müssen wir von hygienischer Seite aufs Bestimmteste betonen.

Wenn man von 10 cbm im Gesamtdurchschnitt spricht, so müfste dieser Wert zutreffend sein für einen Menschen mittlerer Gröfse und Körpermafse. Das Mittel-Körpergewicht der Bevölkerung nähert sich im Durchschnitt der Zahl 45 Kilo.

Auch mit Rücksicht auf diese »mittleren Durchschnitte« bleibt der Luftkubus von 10 cbm immer noch ein wahrer Mindestluftraum; denn unsere Versuchspersonen mit zum Teil 50 Kilo wenig überschreitendem Gewicht geben einen recht guten Vergleich mit den hier in Frage stehenden Problemen. Der minimalste Luftkubus, wie er erstrebt wird, ist ein Notbehelf.

Ein einheitlicher Luftkubus von 10 cbm pro Person hat übrigens keineswegs den allgemeinen Beifall gefunden, er hat sich, als wenn er ein übertriebener Luxus wäre, weitere Abstriche gefallen lassen müssen. Inwieweit die letzteren mehr oder minder weit tatsächliche Wirkungen finanzieller oder sanitärer Art entfalten, mag einer kurzen Besprechung unterzogen sein, zumal Begründungen für solche Neuvorschläge nicht gegeben werden.

Die Strafsburger Versammlung des Vereins für öffentl. Gesundheitspflege brachte 10 cbm Luftraum für Erwachsene und 5 cbm für Kinder unter 10 Jahren in Vorschlag (1889). Das Wohnungsgesetz von Hamburg (1898) für Schlafräume 10 cbm, für Kinder bis 15 Jahre 5 cbm. Ähnliches verlangt die Verfügung vom 21. Mai 1901 für Württemberg (Kinder unter 14 Jahren die Hälfte); eine Verordnung für Düsseldorf vom

1) Siehe bei Bucher, Wohnungsenquête, Basel 1891, S. 126.

21. November 1895 10 cbm für Erwachsene, für Kinder unter 10 Jahren die Hälfte; Verordnung für Regierungsbezirk Potsdam über Schlafstellenwesen 10 cbm pro Erwachsene, $^{2}/_{3}$ davon für Kinder zwischen 6—14 Jahren, $^{1}/_{3}$ der ersteren (3,3) für Kinder bis zu 6 Jahren usw.

Man kann also vier Typen der Vorschläge in Beachtung ziehen.

1) Gleichheitliche Anwendung des 10 cbm-Mafsstabs;
2) Berechnung der Kinder von 1—10 Jahren mit 5 cbm
3) » » » » 1—15 » » 5 »;
4) » » » » 1—5 » » $^{1}/_{2}$,

und von 5—15 mit $^{1}/_{3}$ der 10 cbm für den Erwachsenen.

Was mag nun der Effekt aller dieser Vorschläge sein? Offenbar verschlechtert sich die Lage aller, die mit dem Mindestluftraum leben müssen, wenn die Kinder und Halberwachsenen besonders berechnet und mit geringeren Werten eingeschätzt werden gegenüber dem einheitlichen Ansatze von 10 cbm Luftraum.

Zweifellos hat der Umstand, dafs man den mittleren Mindestluftgehalt, wie er sich bei statistischen Erhebungen als ein Grenzmafs in runder Zahl herausgestellt hat, folgerichtig auch für Kinder anwenden mufste, den Eindruck des Überschwänglichen gemacht.

Es ist aber keineswegs ohne weiteres einleuchtend in wie weit die Abänderungvorschläge für die ganze Wohnungsreform eine entsprechende Tragweite besitzen.

Wir wollen zunächst uns fragen, wie sich die ökonomische Seite der vorgeschlagenen Modifikation stellt.

Wenn wir in einer Stadt etwa 4% der Bevölkerung in überfüllten Schlafräumen untergebracht hätten, so würde für diese also die Besserung nach einem bestimmten Mindestluftraum von 10 cbm u. dgl. eintreten können; die Zahl der neu unterzubringenden Personen würde sich also nur auf einen Teil der 4% obiger Annahmen beziehen, also überhaupt nicht den grofsen Umfang haben, wie es manchem zunächst scheinen mag.

Die Neuaufwendungen für geräumigere Wohnungen würden sich je nach den verschiedenen Vorschlägen verschieden gestalten,

lassen sich aber relativ in folgender Weise gegeneinander abwägen.

Wenn man den Aufbau der Bevölkerung in den kleinen Wohnungen genau kennt, so würde sich eine approximative Schätzung geben lassen; es ist möglich, dafs sich die in den schlechten Wohnungen aufhaltende Bevölkerung vom Bevölkerungsdurchschnitt nicht wesentlich entfernt, vielleicht ist sie kinderreicher.

Legt man die Zahlen über den Aufbau der Gesamtbevölkerung[1]) zugrunde, so findet sich rund folgender Luftkubus, als Gesamtmittel:

| | | |
|---|---|---|
| Wenn pro Kopf der Bevölkerung der Normalsatz gilt | = 10 cbm, | |
| wenn auf Kinder vom 1.—5. Lebensjahr 3,3 cbm kommt | = 9,1 | » |
| » » » » 1.—10. » 5 » » | = 8,8 | » |
| » » » » 1.—14. » 5 » » | = 8,3 | » |
| » nach dem Modus der Potsdamer Verordnung verfahren wird . . . . . . . . . . . . . . | 8,4 | » |

*Der mittlere Luftkubus wird demnach in allen Fällen nicht unerheblich reduziert; man mufs aber bei Minimalwerten an sich immer etwas bedächtig sein mit Abstrichen, da solche schliefslich die Wertlosigkeit einer ganzen Mafsregel bedingen können.*

Die Berechtigung solcher Abstriche wird man nur beurteilen können, wenn man sich über die Bedeutung des 10 cbm-Luftraums überhaupt im klaren ist. Dazu werden unsere obigen Untersuchungen ausreichendes Material bieten. Für den Erwachsenen ergeben sich, wie wir beweisen, nicht nur Unbequemlichkeiten, Störungen, sondern zeitweise eklatante Schädlichkeiten, speziell dort, wo so ein Raum dieser beschränkten Ausdehnung beleuchtet wird oder zu Arbeitszwecken dient.

Die Ersparnisse durch die Reduktion der 10 cbm sind also vom finanziellen Standpunkt nicht so grofs als man vielleicht vermuten konnte.

1) G. Mayer, Die Gesetzmäfsigkeit im Gesellschaftsleben, S. 148.

Auf welche Seite die Nachteile solcher Beschränkungen des Mindestluftraums fallen, wäre noch besonders zu erörtern, ferner auch der Umstand, ob den besonderen Werten für Halberwachsene und Kinder, wie sie vorgeschlagen worden sind, zufälligerweise eine innere Berechtigung zukommt.

Zur Lösung dieser Frage müssen wir einige Tatsachen vorausschicken.

Die innere Berechtigung der empirischen Annahme wird sich aus den Respirationsverhältnissen in erster Linie ableiten lassen; denn andere Beziehungen als diese lassen sich bei einer gegenseitigen Abschätzung ungleicher Gröſsen auf diesem Gebiete überhaupt nicht benützen.

Die Grundlagen für einen solchen Vergleich finden sich in nachfolgender Tabelle[1]), in der die experimentellen Werte über Wasserdampfausscheidung und Kohlensäureausscheidung zu finden sind.

**Stundenwerte.**

| Alter | Gewicht in kg | Oberfläche in qcm | $CO_2$ g | $CO_2$ Liter | $H_2O$ g |
|---|---|---|---|---|---|
| Neugeboren | 3 | 2 558 | 3,8 | 1,9 | 6,8 |
| 1 Jahr | 9 | 5 324 | 8,5 | 4,2 | 14,1 |
| 5 Jahre | 16 | 7 808 | 15,1 | 7,5 | 21,4 |
| 10 » | 24 | 10 230 | 19,8 | 9,9 | 28,0 |
| — | 45 | 15 600 | 24,0 | 12,0 | 34,3 |
| — | 70 | 20 890 | 32,2 | 16,1 | 45,9 |
| — | 78 | 22 435 | 34,5 | 17,2 | 49,2 |

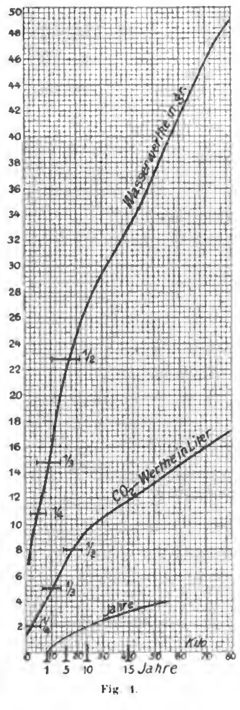


Fig. 1.

Noch übersichtlicher gibt die Beziehungen zwischen Alter, Körpergewicht (männlich und weiblich im Mittel), Kohlensäure- und Wasserausscheidung die nebenstehende graphische Darstellung.

1) Entlehnt aus Rubner, Ernährung im Knabenalter.

Man kann aus der Tabelle für alle irgendwie in Betracht kommenden Werte bei mittlerer Temperatur, Ernährung und Ruhe die gesicherten Daten entnehmen. Die Werte für den tiefen Schlaf liegen, wie wir bemerken möchten, noch etwas unter diesen Gröfsen. Im Vergleich von Tag zu Nacht fand sich während der letzten, d. h. bei Schlafzeit 15—18% weniger an $CO_2$-Ausscheidung; die obigen Werte sind Mittel aus Tag und Nacht, müssen also 7—9% kleiner ausfallen, wenn man die Rechnung für die Nacht allein auszuführen hätte. Es mag hierauf verzichtet werden. Der Durchschnittsschlaf ist jedenfalls kein gleichheitlich tiefer und unter »Schlafzimmer« im praktischen Sinne ist nicht ein Zimmer zu verstehen, in welchem nur das stattfindet, was man vom physiologischen Standpunkt schlafen heifst. Wir korrigieren also nicht weiter an den direkt beobachteten Werten.

Da ein Exkurs auf die Bedürfnisse kleinster Wohnräume nicht so abliegt, so geben wir gleich die Möglichkeit zur Abschätzung der Grenzen der Respirationskonstante für die Fälle des praktischen Lebens bei Arbeit.

Soweit gewerbliche Arbeit mit in Betracht gezogen werden mufs, gibt sich nach unseren Untersuchungen folgendes Bild:

Es nimmt zu bei der Arbeit gegenüber dem Ruhezustand in %:

| | die Kohlensäure | der Wasserdampf |
|---|---|---|
| bei dem Handnähen | + 13 | 6 |
| » » Schreiber | 17 | — |
| » » Lithographen | 20 | 1 |
| » » Schneider | 22 | 24 |
| » » Maschinennähen | 37 | — |
| » » Zeichner | 41 | 1 |
| » einem Mechaniker | 44 | — |
| » dem Damenschuster | 47 | 114 |
| » » Herrenschuster | 80 | — |

Diese Zahlen haben nicht immer die richtige Deutung gefunden. Die Kohlensäure zeigt eine regelmäfsigere Änderung als die Wasserdampfausscheidung. Dies hängt damit zusammen, dafs die Ausscheidung der überschüssigen Wärme aus dem

Körper bald durch vermehrte Blutzirkulation bedingt sein kann bald durch die Verdunstung gedeckt wird. Welche Hilfsquelle gerade zu funktionieren hat, entscheidet Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Blutreichtum des Körpers und diese Bedingungen konnten naturgemäfs in den Experimenten nicht immer gleich erhalten werden. Somit haben wir bei den obigen Zahlen den Akzent auf den Kohlensäurezuwachs zu legen, dem entsprechend unter geeigneten Bedingungen die Wasserdampfabgabe wachsen wird.

Kehren wir jetzt zur anfänglich gestellten Frage zurück: Stehen die rein empirisch aufgestellten Sätze für den Luftkubus in irgendeinem rationellen Verhältnis zu den Respirationsverhältnissen der Personen, die sie befriedigen sollen?

Eine Folge aller Kürzungen für den Luftkubus der Kinder auf 5 cbm usw. ist ohne weiteres zu verstehen. — *Der für den Erwachsenen verbleibende und zu berechnende Luftkubus mufs dadurch sich immer ungünstiger erweisen, weil dann, wenn wir bis zum 5. Jahr oder 10. Jahr ev. 15. Lebensjahr eine Kürzung vorschlagen, der Luftraum von 10 cbm nur mehr für Personen, die das angenommene Mittel von 45 kg Körpergewicht überschreiten, in Frage kommen kann.* Wenn das Mittel der ganzen Bevölkerung zu 45 kg genommen wird, bedingt die besondere Berechnung der Kinder und Halberwachsenen eine Verschiebung des mittleren Gewichts der übrigen Personen bis 59 kg!

Die modifizierenden Vorschläge sind alle unter dem Gesichtspunkt gemacht, bei kinderreichen Familien den Luftraum »nicht zu überflüssig« und reichlich werden zu lassen. Das ist der *Spezialfall*, der bestimmend wurde, während *die generellen Folgen nicht in Betracht gezogen wurden.*

Indem man für die Kinder »Korrektionen« anbrachte, schädigt man damit die Erwachsenen, ohne dafs irgendein erheblicher Vorteil für die Gesamtaufwendungen, welche eine solche Reform kosten würde, erzielt wird. Das gibt der Sache also in der Tat ein anderes Gesicht. Sind aber 5 cbm für Kinder und Halberwachsene eine zutreffende Regelung?

Man kann sich durch eine übersichtliche Schätzung ein ganz zutreffendes Bild der Verhältnisse machen in folgender Weise:

Wenn wir den kleinsten Luftraum = 10 cbm im Gesamtmittel pro 45 kg Körpergewicht als richtigen Ausgangspunkt nehmen, so ist der Zustand der Luft derart, dafs nach 1 Stunde die ausgeatmete Kohlensäure[1]) rund um das 800fache mit anderer Luft verdünnt ist.

Kennt man also den Kohlensäuregehalt der Ausatmungsluft der einzelnen Altersklassen und multipliziert diese Zahl mit 800, so erhalten wir das rationelle Verhältnis eines gleichen Kohlensäuregehaltes des Mindestluftraums, mit anderen Worten die geichen hygienischen Verhältnisse. Nach der oben gegebenen Fig. 4 läfst sich im Mittel berechnen:

| | $CO_2$ in l pro Stunde | Rationelle Zahl cbm |
|---|---|---|
| 1—5jährige | 4,5 | 3,6 |
| 1—10 » | 6,1 | 4,9 |
| 1—15 » | 7,5 | 6,0 |
| 5—15 » | 9,5 | 7,6. |

Kein einziger Vorschlag, den man gemacht hat, trifft also auch unter Annahme des noch keineswegs befriedigenden Minderwertes von 10 cbm das Richtige. Für die 1—5jährigen 3,3 cbm zu wählen, bietet zu wenig, für die 5—15jährigen 6,6 cbm ist gleichfalls zu gering, für die 1—15jährigen 5 cbm bleibt ebenfalls hinter dem Bedürfnis zurück.

Aber es ist diese ganze Systematisierung prinzipiell falsch, weil sie nur bei den Kindern den Luftraum kürzt, aber bei den über 15jährigen nicht das Prinzip verfolgt, einen entsprechenden Ausgleich für das bedeutendere Luftbedürfnis der Erwachsenen zu bieten.

Will man also ein solches abstufendes System haben, dann müfste man für den Erwachsenen verschiedene Werte je nach dem Wortlaut einer Verordnung zugrunde legen, um diese Benach-

1) 10 cbm Luft enthalten 12,4—12,5 l $CO_2$ = die $CO_2 \times 800$ = 10 cbm.

teiligung der Erwachsenen auszugleichen also in entsprechenden Fällen den Luftraum auf 11 oder 12 cbm erhöhen.

Wenn man überhaupt die Kinder getrennt in Rechnung stellen will, so könnte man höchstens die 1—5 jährigen mit $^1/_3$ in Rechnung ziehen und die übrigen mit dem vollen Werte; das scheint noch die befriedigendste Lösung innerhalb des Rahmens, wie er überhaupt zur Zeit Aussichten besitzt, in die Tat umgesetzt zu werden.

Es scheint uns angemessen, den Umstand noch zu betonen, dafs bei Kindern die Luftfeuchtigkeit rascher wächst als wenn Erwachsene anwesend sind, wie sich aus Fig. 4 leicht ersehen läfst. Auch die sonstigen Reinlichkeitszustände leiden besonders bei kleinen Kindern nicht unerheblich. Dafs dieser Umstand besonders geeignet erscheint, Reduktionen erheblicher Natur an dem Mindestluftraum vorzunehmen, dürfte kaum zu bejahen sein.

Eine 800fache Verdünnung der ausgeatmeten $CO_2$ wie sie dem 10 cbm-Luftraum entspricht, gibt für das Gesamtmittel (= 45 kg Mittelgewicht) (= 12,4 l $CO_2$) pro Stunde 272 l Atemluft (12,4 × 22) = 2,7% Atemluft der Mischung. (Ende der Stunde). Ungünstiger werden die Zahlen, wenn nur Erwachsene und kräftige Personen in Frage kommen. Bei solchen von 70 kg steigt der Gehalt an veratmeter Luft auf 3,4% am Ende einer Stunde.[1])

Alle diese Annahmen gelten nur für den Fall, dafs die Lufterneuerung pro Stunde eine einmalige ist, was nur unter günstigen Umständen, nicht aber allgemein zutrifft, und wenn aufserdem die Schlafräume mit Beleuchtungsgasen nicht belastet werden.

Der Schlafraum bleibt aber häufig auch benutzt, wenn nicht darin geschlafen wird — als Wohnraum; dies zu hindern, ist niemand in der Lage. Die Luftverhältnisse werden daher recht wesentlich von dem abweichen, was man als »Regel« hinstellt.

Eine Kritik des Mindestluftraums läfst sich, abgesehen von hygienischen Gründen des Luftverbrauchs, auch noch in anderer

1) Die $CO_2$-Werte der Luft zu Ende einer Stunde (nicht Mittel) wären inkl. $CO_2$-Gehalt der Luft aus dem Freien 1,54‰—3,7‰. Diese Werte sind 2—5 mal so hoch als man sie sonst als Grenzwerte annimmt.

Weise ableiten, nämlich rücksichtlich des Mindestbedarfs an Wohngeräten.

Wir haben uns darüber eingehender orientiert und das Minimum des Bedarfs für mehrere Personen festgestellt, — nur so gewinnt man überhaupt die nötige Bodenfläche, sobald manche Dinge, wie ein Tisch und Schrank, für mehrere Personen zugleich als gemeinsam berechnet wird.

Nimmt man eine Wohnungshöhe von 2,80 im Lichten, so bleibt pro 1 Person ein Gesamtdurchschnitt von 10 cbm = 3,6 qm.

Für die Kinder ergaben sich folgende interessante Platznormierungen:

1—5 Jahre alt[1]) = 1,18 qm,
1—15 » »[2]) = 1,78 »

Bemifst man das gemeinsame Mobiliar auch noch so dürftig, und berechnet die nötige Platzfläche für eine Person, so kommt man unter 3 qm nicht wohl herab; es mufs aber schliefslich doch noch Platz zur Bewegung bleiben.

Von dem Raum für einen 15jährigen würde so gut wie alles von der Bettstelle — ähnlich für den 5jährigen — in Anspruch genommen. Zur Bewegung bliebe dabei kein Platz, auch wenn nicht gerade bei der ärmeren Bevölkerung die Gewohnheit und zum Teil Notwendigkeit bestünde, mancherlei Dinge im Schlafraum, der eben doch vielfach zugleich Wohnraum bleibt, aufzustapeln. Die Verkürzung des Mindestluftraums bei den Kindern führt also auch nach diesen Zusammenstellungen und Erwägungen zu unhaltbaren Zuständen. Mit ganz besonderem Nachdruck ist von dem einen von uns (Rubner) vor Jahren betont worden, dafs jede Verbesserung für die Minderbemittelten in erster Linie darauf hinausgehen müsse, jedem die eigene Lagerstätte zur Nachtruhe zu verschaffen. Diese Mafsregel ist hinsichtlich der Bekämpfung von Infektionskrankheiten von gröfster Bedeutung; sie ist es aber auch hinsichtlich der sonstigen Gesunderhaltung und in sittlicher Hinsicht. In dankens-

1) Körperlänge rund 1 m (99 cm).
2) Körperlänge rund 1,5 m.

werter Weise ist von verschiedenen Seiten dieser Umstand des Zusammenschlafens kranker Personen durch statistische Erhebungen näher beleuchtet worden. Wer für die dringende Reform dieser Angelegenheit eine geeignete Unterlage finden will, wird sie in den Berichten einiger Ortskrankenkassen finden.

Wird der Mindestluftraum es überhaupt ermöglichen, dafs das Prinzip »jedem Menschen sein eigenes Bett« regelmäfsig durchgeführt werde? Wir bezweifeln es. Denn der Platzmangel wird dort, wo beschränkende Bestimmungen hinsichtlich der Berechnung der Kinder durchgeführt werden, so grofs sein, dafs man schon um Raum zu gewinnen, auf das Zusammenschlafen der Kinder und Halberwachsenen zurückgreifen wird.

Kann man also auch bezüglich der Bodenfläche zweifelhaft sein, ob dieser Teil der Wohnungsreform sanitär befriedigendes leisten wird, so bleibt noch ein weiterer Umstand zu erwägen, der die Kleinheit des Luftkubus sehr fühlbar macht.

Wir haben schon erwähnt, die Lüftungsverhältnisse solcher kleiner Räume sind sehr ungünstig. Daher ist der eingeschlossene Luftvorrat, den man sonst nicht in Rechnung zieht, nicht mehr ganz ohne Bedeutung.

Im Hinblick hierauf ist der »Luftkubus« der Einrichtungsgegenstände, d. h. die Luftverdrängung oder Luftminderung immerhin eine beachtenswerte Gröfse, wir glauben sie pro Erwachsenen mit 1,5 cbm richtig zu schätzen. Das ist ein erheblicher Abzug bei 8—10 cbm an Luftraum überhaupt!

Immerhin würde die Festsetzung eines Mindestluftraums in den oben angegebenen Grenzen für eine nicht unerhebliche Zahl von Personen speziell in den Grofsstädten eine Verbesserung bedeuten, die aber nur als erster Schritt zur Bekämpfung unsanitären Wohnens betrachtet werden kann. Die Auswüchse des Wohnungswesens, die Kellerwohnungen und manche Arten von Dachwohnungen müssen aber dabei fallen.

# Über die Abnahme des Zitronensäuregehaltes der Milch beim Kochen.

Von

**Gust. Obermaier.**

(Aus der bakteriol. Untersuchungsstation des Garnisonslazarettes Würzburg.)

In den letzten Jahren wurde von den verschiedensten Seiten auf die Nachteile einer länger fortgesetzten Säuglingsernährung mit steriler Milch hingewiesen; insbesondere wurde die Entstehung der Barlowschen Krankheit in Zusammenhang mit der fortgesetzten Verabreichung gekochter Milch gebracht. Heubner[1]) beobachtete diese skorbutähnliche Erkrankung niemals bei Brustkindern, sondern nur bei künstlich ernährten, bei denen die Milch längere oder kürzere Zeit bis zum Sieden erhitzt worden war. Die Zahl der Erkrankungen häufte sich in der letzten Zeit immer mehr und zeitlich trifft diese Zunahme mit der Verbreitung des Soxhletapparates und gewisser Milchpräparate zusammen, die den Charakter eines frischen Nahrungsmittels verloren haben. Besonders häufig wurden diese Erkrankungen von Heubner und Hauser[2]) und anderen beobachtet bei Kindern aus besseren Kreisen, die sich besonders genau und gründlich mit der Ernährung der Kinder abgeben und in der Sterilisierung die

1) Heubner, Über die Barlowsche Krankheit. Berliner klin Wochenschrift, 1903, Nr. 13.

2) Hauser, Berliner klin. Wochenschr., 1903, Nr. 13, S. 357.

Panacee aller künstlichen Ernährung sehen, bei denen also die Kinder eine besonders sorgsam und gründlich gekochte Milch erhalten; viel seltener sind sie bei Kindern aus niederen Ständen, die sich ohne Soxhlet mit einfachem Aufkochen begnügen. Dafs in der Erhitzung die Schädlichkeit gelegen sein mufste, die zur Erkrankung führte, geht aus der von Heubner u. a. gemachten Beobachtung hervor, dafs in allen Fällen der Ersatz der gekochten Nahrung durch möglichst kurz oder noch besser gar nicht gekochte Milch eine überraschend schnelle Besserung der Krankheit hervorbrachte und zwar um so deutlicher, je ausschliefslicher diese Ernährung war. Aufser der Milch gab Heubner mit gutem Erfolg täglich einige Teelöffel frisch ausgeprefsten Fleischsaftes, sowie Apfelsinen- oder Kirsch-, Himbeer-, Erdbeersaft aus dem rohen Material ausgeprefst. Öfters heilte die Krankheit auch bei weiterer Verabreichung von gekochter Milch, wenn auch langsamer, wenn nur andere nicht der Erhitzung ausgesetzte Nahrungsmittel nebenher gereicht wurden. Bei einzelnen der von Heubner beobachteten Fällen reichte sogar die einfache Abkochung der Milch, wie sie im Haushalt üblich, hin, um die krankhaften Veränderungen hervorzubringen; in der Mehrzahl der Fälle dürfte aber die Milch wohl 10 Minuten lang gekocht worden sein. Neumann[1]) beobachtete eine Zunahme der Barlowschen Krankheit in Berlin nach Einführung der Pasteurisierung der Milch in einer grofsen Meierei. Neuerdings wird von den gröfseren Milchgeschäften in den Grofsstädten aus Molkereirücksichten die Milch bereits pasteurisiert in die Städte geschickt, und Neumann beobachtete auffallend häufig die Barlowsche Krankheit bei Kindern, welche eine solche vor der Lieferung pasteurisierte und nachher noch einmal im Hause im Soxhlet oder mit Milchkocher mehr oder weniger lang gekochte Milch erhielten. Das Abkochen der Milch stellt demnach ein bedeutungsvolles ätiologisches Hilfsmoment für die Barlowsche Krankheit dar, wenngleich es nicht, wie Heubner mit Recht hervorhebt, als hinreichender Grund für das Zustandekommen der Erkrankung

1) Neumann, Deutsche med. Wochenschr., 1902, Nr. 35.

angesehen werden kann. Denn sonst würde es nicht zu verstehen sein, warum die Erkrankung erst jetzt in zunehmendem Maſse auftritt, während doch seit etwa 15 Jahren bereits Hunderte und Tausende von Kindern nach den Vorschriften von Soxhlet und noch zahlreichere vorher mit gekochter Milch ernährt wurden, ohne der Krankheit zu verfallen; auch ist der Prozentsatz der Erkrankenden unter den selbst mit recht lange gekochter Milch ernährten Kindern zu gering, um in diesem Umstand allein die Erklärung zu finden. Nach Heubner können wir vorerst nur annehmen, daſs die Milch durch das Kochen eine Einbuſse erleidet, die von den meisten Kindern durch die eigene Verdauungsarbeit in genügender Weise gedeckt wird, die aber ein Teil der Säuglinge nicht auszugleichen imstande ist. Die schon erwähnte Tatsache, daſs die Krankheit auch bei weiterer Verabreichung von gekochter Milch heilen kann, wenn andere nicht der Erhitzung ausgesetzte Nahrungsmittel nebenher gereicht werden, beweist, daſs die Ersatzstoffe nicht nur in der Milch, sondern auch in anderen, sogar vegetabilischen Nahrungsmitteln enthalten sein können.

Offenbar erleidet also die Milch durch das stärkere Erhitzen gewisse Veränderungen und Zersetzungen, über deren Natur wir in der neueren Zeit einige, wenn auch noch ungenügende Aufklärungen bekommen haben. Durch das längere Erhitzen der Milch wird ein Teil der Albumine ausgeschieden, die Fettkügelchen werden gröber, der Milchzucker karamelisiert, die Menge der löslichen Kalksalze verringert, aromatische Bestandteile und Fermente vernichtet und die Milchgase ausgetrieben. Nach Fleischmann[1]) verändern sich bei längerer Erhitzung der Milch auf 50° und darüber besonders die Mineralbestandteile und die Eiweiſskörper der Milch, sowie der Geruch, der Geschmack und die Farbe. Auf Zusatz verdünnter Säure scheidet sie kein grobflockiges, sondern ein feinflockiges breiiges Gerinnsel aus, büſst ihre Empfindlichkeit für Lab mehr und mehr, unter Umständen sogar völlig ein, nimmt den eigentümlichen Kochgeschmack an

1) Fleischmann, Lehrbuch der Milchwirtschaft, 3. Aufl., 1901, S. 29.

und färbt sich schwach gelblich oder gelblichbraun. Je stärker man die Milch innerhalb der durch 50° und 140° bestimmten Grenzen erhitzt, um so stärker treten die erwähnten Erscheinungen hervor und eine um so kürzere Zeit der Einwirkung der Wärme reicht hin, um eine bestimmte Wirkung zu erzeugen. Bei 70° bis 76° gerinnt Eiweifs und Globulin und bei längerem Erhitzen auf 130—140° kommt auch das Kasein zum Gerinnen und entsteht aus dem Milchzucker eine kleine Menge von Säure. Die Veränderung der Farbe erklärt sich daraus, dafs der Milchzucker in der Hitze einer schon bei ca. 80° beginnenden Zersetzung unterliegt, mit der die Abscheidung kleiner Mengen gelb- und braunfärbender Stoffe (Laktokaramel) verbunden ist. Durch längeres Erhitzen wird auch die Feinheit der Verteilung des Fettes in der Milch beeinträchtigt; die mikroskopischen Fettkügelchen schmelzen teilweise zusammen und vereinigen sich zu gröfseren, mit freiem Auge leicht sichtbaren Fettropfen.

Besonders eingehend wurde die Einwirkung der Erhitzung auf die Zusammensetzung der Eiweifskörper untersucht. Solomin[1]) beobachtete einen Rückgang des Gehalts der Eiweifsstoffe durch das Erhitzen auf etwa ein Drittel; bei Temperaturen von 130—140° wurde das Albumin und auch Kasein fast vollständig abgeschieden und gleichzeitig wurden etwa die Hälfte aller Aschenbestandteile von dem entstehenden Koagulum eingeschlossen. Auch Siedler[2]) beobachtete beim einmaligen Erhitzen der Milch ein Sinken des Albumins auf ein Drittel der ursprünglichen Menge in der rohen Milch; von da an wurde das Mischungsverhältnis von Kasein einerseits und Albumin und Globulin und stickstoffhaltiger Reststoffe anderseits nicht mehr so stark beeinflufst, wie dies beim einmaligen Aufkochen der Fall ist, indem von dem Albumin nur ein Teil gerinnt. aber selbst bei fortgesetztem Kochen nicht alles. Hotz[3]) beobachtete bei seinen

1) Solomin, Über die beim Erhitzen der Milch ausfallenden Eiweifsmengen. Archiv f. Hygiene, Bd. 28, 1897.

2) Siedler, Untersuchungen über die gebräuchlichsten in der Schweiz hergestellten Milchpräparate usw. Archiv f. Hygiene, Bd. 47, 1903.

3) Hotz, siehe später.

Versuchen eine Veränderung des Kaseins beim Kochen und zwar wird hierbei das Eiweifsmolekül in einen labilen Zustand übergeführt, wodurch es leichter in seine Spaltungsprodukte zerfällt. Auch das Lecithin, welchem neuerdings wegen der leichten Resorbierbarkeit eine grofse Bedeutung beigelegt wird und von dem die Frauenmilch nach Stocklasa[1]) 1,70—1,86 ‰, die Kuhmilch dagegen nur 0,90—1,13 ‰ enthält, wird durch die Erhitzung ziemlich bedeutend verringert. Nach Bodas und Razkowski[2]) enthielt eine von ihnen untersuchte Kuhmilch 252 mg Lecithin pro Liter. Wurde die Milch während 30 Minuten über freiem Feuer auf 60° gehalten, so ging der Lecithingehalt auf 216 mg (= 14 % Verlust), während 30 Minuten bei 80—95° auf 180 mg (= 28 % Verlust) zurück; bei Erwärmung im Autoklaven auf 105—110° stieg der Verlust auf 30 % des gesamten Lecithins, beim Erhitzen im Wasserbade auf 95°, hingegen war der Verlust 12 % geringer, weshalb die Autoren die Erhitzung im Wasserbade empfehlen.

Auch die Salze der Milch gehen beim Erhitzen eine Veränderung ein. So beobachtete Söldner[3]) eine Verminderung des gelösten Kalkes und der gelösten Phosphorsäure und eine gleichzeitige Vermehrung des suspendierten unlöslichen Kalziumphosphates. Die löslichen Kalksalze der frischen Milch gehen also in unlösliche Verbindungen über, was zur Folge hat, dafs die Milch mehr oder minder labträg wird, und dafs das auf Zusatz von Säuren entstehende Gerinnsel eine auffallend lockere Beschaffenheit gewinnt. Wie Silberschmidt[4]) zeigte, kommt es zwar bei einer zu lang gekochten oder zu hoch erhitzten Milch zur Gerinnung im Magen, allein diese Gerinnung erfordert eine erhöhte Säurebildung und nimmt die chemischen Leistungen des Magens in erhöhtem Mafse in Anspruch. Neben diesen Ver-

1) Stocklasa, Zur Kenntnis des Phosphors in der Frauen- und Kuhmilch. Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. 23.

2) Bodas und Razkowski, La semaine medicale, zitiert nach Siedler (a. a. O.), 1903.

3) Söldner, Die Salze der Milch. Dissertat., Erlangen, 1888.

4) Silberschmidt, Über den Einflufs der Erwärmung auf die Gerinnung der Kuhmilch. Deutsche med. Wochenschr., 1903, Nr. 27—28.

änderungen im Gehalt der Eiweifskörper, der Fette, Kohlehydrate und der Mineralbestandteile wurden auch Veränderungen physikalischer Natur unter dem Einflusse des Kochens nachgewiesen. So fand Hotz[1]) eine Beeinflussung der Leitfähigkeit und Gefrierpunktserniedrigung der Milch durch den Kochprozefs und zwar eine Abnahme, die mit der Dauer des Kochens zunahm. Nach Hotz findet durch das Kochen der Milch ein Verlust nicht nur an osmotisch wirksamen Molekülen, sondern auch an Jonen statt; es müssen also lösliche Salze in unlösliche übergehen. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit den eben erwähnten Beobachtungen von Söldner über die Veränderungen der Kalksalze der Milch beim Kochen.

Einen weiteren Beweis für die Veränderungen der Milch beim Erhitzen geben die Laktoserumversuche von Wassermann: Bei subkutaner Injektion von roher Milch erhält nach Bordet das Serum von Kaninchen die Eigenschaft, die Eiweifskörper der Milch auszufällen; durch starkes Erhitzen der Milch geht aber diese Eigenschaft, wie Wassermann[2]) zeigte, verloren. Nach Ritter[3]) tritt das Versagen der Reaktion verschieden schnell und oft erst nach mehr als halbstündigem Kochen ein, besonders früh beim Hinzukommen von Druck. Ferner werden gewisse Fermente und fermentartige Körper der rohen Milch, welche für die Verdaulichkeit der Milch wahrscheinlich eine gewisse Bedeutung haben (Moro), durch das Erhitzen zerstört.

Wie eine Reihe von Untersuchungen zeigte, ist die Resorption der gekochten Milch im Säuglingsorganismus eine schlechtere als die von roher Milch. So leidet die Kalkresorption und -retention bei manchen Säuglingen, wenn sie mit lang gekochter Milch genährt werden. Nach Stoffwechselversuchen, welche Müller und Kronheim[4]) an Säuglingen anstellten, wird der Kalk der sterilisierten Milch ebensogut resorbiert, aber schlechter angesetzt als

1) Hotz, Physikalisch-chemische Untersuchungen über Kuhmilch. Jahrbuch für Kinderheilkunde, Bd. 58, 1903.

2) Wassermann, Münchner med. Wochenschr., 1900.

3) Ritter, Berliner klin. Wochenschr., 1903, Nr. 16, S. 374.

4) Müller und Kronheim, Berliner klin. Wochenschr., 1903, Nr. 19, S. 444.

der der rohen Milch. Die Verdaulichkeit und die Assimilation der Eiweifskörper, der Fette, des Phosphors und der Kohlehydrate leidet dagegen, wie Bendix u. a. fanden, durch die Sterilisation nicht. G. Klemperer[1]) fand bei vergleichenden Verdauungsversuchen mit roher und gekochter Milch, dafs die Verdauungsfermente die rohe Milch stärker angreifen als die gekochte Milch. Die resorbierbare Stickstoffmenge ist bei der rohen Milch gröfser als bei der gekochten, während anderseits der resorbierbare Ammoniak, die schädliche Substanz, in der gekochten Milch bedeutend gröfser ist als in der rohen. Bei einem dauernd mit gekochter Milch ernährten Kinde wird also eine Eiweifsunterernährung eintreten, aufserdem aber müssen sich Giftwirkungen infolge der gröfseren Mengen Ammoniaks geltend machen.

Bei den skorbutähnlichen Erscheinungen, welche die Barlowsche Krankheit zeigt, schien es von Interesse, das Verhalten eines Stoffes der Milch beim Kochen zu untersuchen, nämlich die Zitronensäure. Die Zitronensäure hat ja beim Skorbut eine aufserordentlich günstige therapeutische Wirkung. Wie erwähnt, hatte Heubner bei der Barlowschen Krankheit günstige Erfolge nicht nur bei Verabreichung von roher Milch, sondern auch bei weiterer Verabreichung von gekochter Milch, wenn nebenbei andere, nicht der Erhitzung ausgesetzte Nahrungsmittel, namentlich frischer Obstsaft, gegeben wurden. Da diese Obstsäfte Zitronensäure enthalten, bestimmte ich den Zitronensäuregehalt der Milch in ungekochter und gekochter Milch. Wie Henkel[2]) zuerst zeigte, enthält die Milch nicht unbedeutende Mengen von Zitronensäure ($CH_2 \cdot COOH - COH \cdot COOH - CH_2 \cdot COOH$) als ständigen Bestandteil, welche darin als Kalziumzitrat gelöst ist. Ob neben ihr auch andere bis jetzt nicht entdeckte organische Säuren in der Milch vorhanden sind, läfst sich nicht sicher sagen. Die Menge der Zitronensäure beträgt in der Kuhmilch nach

1) Klemperer, Berliner klin. Wochenschr., 1903, Nr. 13, S. 307.

2) Scheibe und Henkel, Münchner med. Wochenschr., 1888, Nr. 19. — Henkel, Zitronensäure als normaler Bestandteil der Kuhmilch. Landwirtschaftl. Versuchsstationen, Bd. 39, 1891, S. 143.

Scheibe[1]) im Mittel 0,18%, nach Söldner[2]) 0,25%, demnach im Liter 1,8—2,5 g Zitronensäure, eine recht beträchtliche Menge. Der Zitronensäuregehalt in der Kuhmilch unterliegt ziemlich weiten Schwankungen, die nicht durch die Fütterungsweise bedingt sind. Allem Anscheine nach stammt die Zitronensäure nicht aus der vegetabilischen Nahrung, sondern wird, wie das Kasein, das Laktalbumin und der Milchzucker in der Milchdrüse selbst gebildet. Ebenso wie Kuhmilch enthält auch die Ziegenmilch und die Frauenmilch regelmäfsig Zitronensäure, die Frauenmilch allerdings nur in geringer Menge (im Mittel 0,055%). Nach Scheibe verschwindet die Zitronensäure aus der Milch der Pflanzenfresser nicht, auch wenn man die Tiere mit zitronensäurefreiem Futter ernährt oder längere Zeit hungern läfst.

Auf Veranlassung von Herrn Stabsarzt Prof. Dr. Dieudonné machte ich eine Reihe von Versuchen über das Verhalten der Zitronensäure in verschieden lang gekochter Milch. Zur quantitativen Bestimmung der Zitronensäure wurde die von Scheibe (a. a. O.) angegebene Methode benutzt.

Scheibe scheidet durch Zusatz von 4 ccm $2^1/_2$ N-Schwefelsäure zu 400 ccm Vollmilch und Aufkochen das Milchserum von den übrigen Bestandteilen der Milch, läfst nach Zusatz von ca. 10 g spanischer Klärerde nochmals aufkochen, ergänzt kalt auf 500 ccm und filtriert eventuell unter erneutem Zusatz von Klärerde solange, bis keine Opaleszenz mehr im Serum sich zeigt. Durch den Säurezusatz wird zugleich die Zitronensäure aus dem Kalksalze frei gemacht und geht in Lösung, während der Kalk als Kalziumsulfat sich ausscheidet. 100 ccm des erhaltenen Serums (entsprechend 80 ccm Milch) werden nun zur Bindung der überschüssigen Schwefelsäure mit soviel titriertem Barytwasser versetzt, dafs sämtliche Schwefelsäure unbedingt neutralisiert ist, d. h. soviel als 0,8 ccm $2^1/_2$ N-Schwefelsäure entspricht; dadurch wird auch die Zitronensäure an das Baryum gebunden, wodurch allenfallsigen Zersetzungen bei dem nun stattfindenden Eindampfen

1) Scheibe, Landwirtschaftl. Versuchsstationen, Bd. 39, 1891, S. 162.

2) Söldner, Die Salze der Milch und ihre Beziehungen zu dem Verhalten des Kaseins. Landwirtschaftl. Versuchsstationen, 1888, 35, 361.

vorgebeugt wird. Den eingedampften Sirup versetzt man noch heifs mit 3,2 ccm 2½ N-Schwefelsäure, um die Zitronensäure wieder in Freiheit zu setzen, die dann durch öfteres Auslaugen mit einer Ätheralkoholmischung dem sich ausscheidenden Milchzucker quantitativ entzogen und abfiltriert wird. Im klaren Filtrate scheidet man dann durch Zusatz von überschüssigem alkoholischem Ammoniak die Zitronensäure als Ammoniumtrizitrat aus, destilliert die Flüssigkeit bis auf einen Rückstand von ca. 20 ccm ab, gibt 60 ccm absoluten Alkohol zu, kocht im Wasserbad auf und fällt heifs durch Zusatz 10 ccm alkoholischen Ammoniaks abermals. Nach mehreren Stunden ist das Ammoniumtrizitrat fest am Boden auskristallisiert, sodafs sich die überstehende Flüssigkeit klar abgiefsen läfst. Die Kristalle löst man in ca. 30 ccm Wasser und kocht über freiem Feuer, um sämtlichen Alkohol zu verjagen. In dieser Form wird nun die Zitronensäure oxydimetrisch bestimmt. Zur erkalteten Flüssigkeit gibt man zunächst 25 ccm Kaliumdichromatlösung (46,1 g : 1000) und 20 ccm Schwefelsäure und erhitzt über ganz kleiner Flamme. Nach ungefähr ¼ stündigem Erhitzen ist die Oxydation beendet. Nun bestimmt man die nicht reduzierte Chromsäure durch Zusatz von 50 ccm (Überschufs) einer auf die Kaliumdichromatlösung eingestellten Ferroammoniumsulfatlösung (150 g Ferr. ammon. sulfuric. puriss. Merk + 100 ccm Schwefelsäure : 1000). Den Überschufs dieser Lösung titriert man mit der Kaliumdichromatlösung zurück, bis die nach vorherigem Zusatz von Ferricyankali blaue Lösung eine schön grüne Farbe zeigt, ein Übergang, der bei einiger Übung sehr gut zu sehen ist. 1 ccm der Kaliumdichromatlösung oxydiert 0,0102 g Zitronensäure.

Bei den nachfolgenden Versuchen wurde zunächst in der ungekochten Milch die Zitronensäure bestimmt, dann in der 5, 10, 15, 30 und 60 Minuten lang über offenem Feuer gekochten und wieder erkalteten Milch, ohne deren Volumen auf das ursprüngliche zu ergänzen, was ja auch in der Praxis nicht geschieht. Aufserdem wurden noch Versuche mit Milch ausgeführt, die im Wasserbade teils auf 75° (pasteurisiert), teils 30—60 Min. auf 100° (sterilisiert), teils auf 120° (im Autoklaven) erhitzt wurde.

Das Ergebnis der Untersuchungen zeigen nachstehende Tabellen:

Tabelle I.

**Auf offenem Feuer auf 100° erhitzte Milch.**

| Datum | Dauer der Erhitzung | Zitronensäure in 80 ccm Milch in g | Zitronensäure pro Liter in g | Abnahme der Zitronensäure beim Kochen pro Liter in g | Abnahme in % |
|---|---|---|---|---|---|
| 25. V. 03 | Ungekocht | 0,16626 | 2,07825 | — | — |
| | 5 Min. | 0,12648 | 1,581 | 0,49725 | 23,92 |
| 3. VI. 03 | Ungekocht | 0,13772 | 1,7215 | — | — |
| | 5 Min. | 0,09384 | 1,173 | 0,5485 | 31,86 |
| 9. VI. 03 | Ungekocht | 0,14382 | 1,7977 | — | — |
| | 5 Min. | 0,12546 | 1,5682 | 0,2295 | 12,209 |
| | 10 Min. | 0,1224 | 1,530 | 0,2677 | 14,89 |
| | 15 Min. | 0,10098 | 1,26225 | 0,5355 | 29,78 |
| 13. VI. 03 | Ungekocht | 0,1530 | 1,9125 | — | — |
| | 15 Min. | 0,14484 | 1,815 | 0,0975 | 5,098 |
| | 30 Min. | 0,18462* | 2,3077 | + | + |
| 15. VI. 03 | Ungekocht | 0,14178 | 1,7722 | — | — |
| | 15 Min. | 0,12954 | 1,6192 | 0,153 | 8,63 |
| | 30 Min. | 0,15504* | 1,938 | + | + |
| 17. VI. 03 | Ungekocht | 0,15504 | 1,938 | — | — |
| | 30 Min. | 0,16114* | 2,0145 | + | + |
| | 60 Min. | 0,17136* | 2,142 | + | + |

* Die scheinbare Zunahme erklärt sich durch die beim längeren Kochen erfolgende Konzentration der Milch infolge Wasserverdunstung.

Tabelle II.

**Im Wasserbade erhitzte Milch.**

| Datum | Dauer der Erhitzung | Zitronensäure in 80 ccm Milch in g | Zitronensäure pro Liter in g | Abnahme der Zitronensäure beim Kochen pro Liter in g | Abnahme in % |
|---|---|---|---|---|---|
| 14. VII. 03 | Ungekocht | 0,1479 | 1,8487 | — | — |
| | 15 Min. bei 75° | 0,14178 | 1,7722 | 0,0765 | 4,13 |
| | 30 Min. bei 75° | 0,1428* | 1,785 | 0,0637 | 3,44 |

(Fortsetzung der Tabelle II.)

| Datum | Dauer der Erhitzung | Zitronensäure in 80 ccm Milch in g | Zitronensäure pro Liter in g | Abnahme der Zitronensäure beim Kochen pro Liter in g | Abnahme in % |
|---|---|---|---|---|---|
| 17. VII. 03 | Ungekocht | 0,10302 | 1,2877 | — | — |
| | 15 Min. bei 75° | 0,09792 | 1,224 | 0,0637 | 3,44 |
| | 30 Min. bei 75° | 0,10914* | 1,3643 | + | + |
| 21. VII. 03 | Ungekocht | 0,1479 | 1,8487 | — | — |
| | 30 Min. bei 100° | 0,12036 | 1,5045 | 0,3442 | 18,61 |
| | 60 Min. bei 100° | 0,12138* | 1,5172 | 0,3315 | 17,93 |
| 30. VII. 03 | Ungekocht | 0,13872 | 1,734 | — | — |
| | 30 Min. bei 100° | 0,0969 | 1,2112 | 0,5228 | 30,15 |
| | 60 Min. bei 100° | 0,0979* | 1,224 | 0,510 | 29,41 |

* Siehe Tabelle I.

Tabelle III.

**Im Autoklaven bei 120° erhitzte Milch, verglichen mit sterilisierter (100°) Milch.**

| Datum | Dauer der Erhitzung | Zitronensäure in 80 ccm Milch in g | Zitronensäure pro Liter in g | Abnahme der Zitronensäure beim Kochen in g | Abnahme in % |
|---|---|---|---|---|---|
| 15. IX. 03 | Ungekocht | 0,1479 | 1,8487 | — | — |
| | 15 Min. bei 100° | 0,1264 | 1,581 | 0,2676 | 14,47 |
| | 15 Min. bei 120° | 0,1156 | 1,4407 | 0,408 | 22,07 |

Die Versuche bestätigen also zunächst die bereits von Scheibe festgestellte Tatsache, dafs der Gehalt der Kuhmilch an Zitronensäure erheblichen Schwankungen (1,2211—2,078 g) unterworfen ist. Weiter aber zeigen sie, dafs die Zitronensäure durch Kochen eine nicht unbeträchtliche Verminderung erfährt, wie nachstehende Tabellen nochmals in übersichtlicher Form zeigen:

Tabelle IV.

**Über freiem Feuer auf 100° erhitzte Milch.**

| Dauer der Erhitzung | 5 Min. | 10 Min. | 15 Min. | 30—60 Min. |
|---|---|---|---|---|
| Abnahme in % | 12,29—31,86 | 14,89 | 5,098—29,78 | Scheinbare Zunahme durch Wasserverdunst. |

Tabelle V.

**Im Wasserbade erhitzte Milch.**

| Dauer der Erhitzung | 15 Min. bei 75° | 30 Min. bei 75° | 60 Min. bei 75° | 30 Min. bei 100° | 60 Min. bei 100° |
|---|---|---|---|---|---|
| Abnahme in % | 4,13 | 3,44 | Zunahme | 18,61—30,15 | 17,93—29,41 |

Die gröfste Abnahme der Zitronensäure erfolgt demnach beim Erhitzen auf offenem Feuer auf 100°. Beim 5 Minuten langen Kochen traten Verluste bis zu 31,86% ein, während bei noch längerem Kochen auch unter Berücksichtigung des verdampfenden Wassers eine wesentliche Vergröfserung des Verlustes nicht mehr beobachtet wurde. Wie ein Versuch zeigte, bei dem das verdampfende Wasser während des Erhitzens wieder ergänzt wurde, war die Abnahme bei längerem Erhitzen bis zu 1 Stunde nicht wesentlich höher. Bei dem Erhitzen im Wasserbade war die Abnahme der Zitronensäure wesentlich geringer als beim Erhitzen auf offenem Feuer. Bei 75° betrug sie nur 4,13 bei 15 Minuten langer Einwirkung und 3,44% bei 30 Minuten langer Einwirkung; bei 100° betrug die Abnahme 18,61—30,15% bei 30 Minuten und 17,93—29,41% bei 60 Minuten langem Erhitzen. Bei einer im Autoklaven auf 120° erhitzten Milch betrug die Abnahme bei 15 Minuten 22,07%, die Abnahme bei gleichlangem Erhitzen im Wasserbade auf 100° nur 14,47%.

Von gröfstem Interesse ist die Frage, wie die Abnahme der Zitronensäure beim Kochen der Milch zu erklären ist. Für die Phosphorsäure wurde von Solomin festgestellt, dafs beim Erhitzen auf 140° mit dem dabei sich abscheidenden Koagulum fast sämtliche organisch und an Kalzium gebundene Phosphorsäure mitgefällt wird. Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs es sich ähnlich mit der Zitronensäure verhält. Henkel fand in der kondensierten Milch, namentlich in der ohne Zuckerzusatz kondensierten und sterilisierten (präservierten) Milch häufig Konkretionen oder voluminöse Niederschläge, die fast aus reinem zitronensaurem Kalk (Kalziumtrizitrat = $Ca_3 [C_6 H_5 O_7])$ bestanden. Einige Wahrscheinlichkeit besitzt vielleicht die Annahme, dafs

die Zitronensäure in der frischen Milch als wasserlösliches, saures Kalziumsalz, als Kalziumbizitrat ($CaC_6H_6O_7 \cdot H_2O$) vorhanden sei, das beim Kochen infolge von Oxydation nach folgender Gleichung in das schwerlösliche und schwerer resorbierbare Kalziumtrizitrat übergeht:

$$3\,Ca\,(C_6H_6O_7) + 9\,O = Ca_3\,(C_6H_5O_7) + 6\,CO_2 + 4\,H_2O.$$

Zu einer ähnlichen Schlufsfolgerung allgemeiner Natur kommt auch Kirsten[1]), wenn er am Schlusse seiner Arbeit sagt: »Es erscheint jedoch nicht ausgeschlossen, dafs auch die sauren Salze der Milch, welche in der Hauptsache die Säurereaktion der Milch bedingen, insofern an der Abnahme daran mitbeteiligt sind, als sie beim Erhitzen eine chemische Veränderung erleiden. Ob und in welcher Weise solche Veränderungen bei den sauer reagierenden Verbindungen der Milch infolge des Erhitzens stattfinden, ist vorläufig noch eine offene Frage«. Es wurden zwar verschiedene Versuche in dieser Richtung angestellt, die aber vorläufig zu keinem endgültigen Resultate führten. Aus den vorstehenden Zitronensäurebestimmungen geht aber hervor, dafs bei einer Erhitzung auf 75—80° der Zitronensäuregehalt der Milch verhältnismäfsig wenig abnimmt, während er bei Temperaturen von 100° und im Autoklaven auf 120° eine weit beträchtlichere Verminderung erleidet. Es verhält sich also mit der Zitronensäure so, wie mit den übrigen chemischen Substanzen, welche auch bei der Erhitzung der Milch auf 75° geringere Veränderungen erleiden. So fanden von Freudenreich[2]) und Conradi[3]), dafs die ½stündige Erhitzung bis zu 70° keine Veränderung der Labungsfähigkeit der Milch im Vergleich mit der Norm herbeiführt, dafs dagegen eine Erhitzung über 80° den Vorgang der Labfällung hinausschiebt und den normalen Koagulationspunkt der Milch bei Gegenwart von Kalzium und verwandten Salzen um 8—12° herabdrückt. Durch die Erhitzung über 80° wird

1) Kirsten, Untersuchungen über die Abnahme des Säuregrades der Milch. Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- und Genufsmittel.

2) Freudenreich, Centralbl. f. Bakteriol., Abt. II, Bd. 4, 1898.

3) Conradi, Über den Einflufs erhöhter Temperaturen auf das Kasein der Milch. Münchner med. Wochenschr., 1900.

also sicher eine dauernde chemische oder physikalische Veränderung der Milch bewirkt, welche bei fortdauernder Verwendung für den Säugling wohl nicht ohne Bedeutung sein kann. Mit Recht hebt Conradi hervor, dafs man, wenn die Folgen einer zu hochgetriebenen Erhitzung der Milch klargelegt sind, Mittel und Wege suchen mufs, um die resultierenden Schädlichkeiten zu beseitigen. »Vorderhand dürfte es sich empfehlen, zwecks Vernichtung der Bakterien und ihrer Dauerform von vornherein nur solche Temperaturgrade anzuwenden, welche die angestrebte Bakterienfreiheit nicht auf Kosten der physiologischen Zusammensetzung der Milch, vielmehr unter Erhaltung ihres Normalzustandes zu erzielen sucht.«

# Über die Rolle des Shiga-Bazillus als Erreger der Dysenterie.

## Experimentelle Untersuchung

von

**G. N. Kazarinow,**
Kais. Ruß. Stabsarzt.

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Berlin. Direktor: Geheimrat Prof. Dr. Rubner.)

Während es bei der Amöbenform der Dysenterie verhältnismäfsig leicht gelang, bei Katzen durch Einführung per os oder per rectum von Fäces dysenteriekranker Personen oder von Eiter, der den Leberabszessen entnommen war, typische klinische Krankheitserscheinungen mit manchen dem Krankheitsprozeſs eigentümlichen Veränderungen im Darmkanal hervorzurufen, haben die mit den Dysenteriebazillen angestellten Tierversuche ein befriedigendes Resultat bisher nicht ergeben.

Shiga erzielte bei jungen Katzen und Hunden, denen in den Magen eine Agarkultur eingeführt wurde, nur schleimige Entleerungen, aus denen er wiederum seinen Bazillus isolieren konnte. Bei der Sektion fanden sich nur Hyperämie und einige Blutergüsse im oberen Teil des Dünndarms. Die Schleimhaut des übrigen Teiles des Dünndarms und auch des Dickdarms war unverändert. Die übrigen Tiere, die als Versuchsobjekte gedient haben, wie z. B. Katzen, Hunde, Meerschweinchen, Kaninchen und Tauben, haben auf die Einführung von Kulturen dieses Bazillus entweder gar nicht oder nur mit rasch vorübergehender Schwäche und Abmagerung reagiert.

Conradi hat bei der Einführung von Bazillen oder dysenterischen Entleerungen per os bzw. per rectum bei den Versuchstieren gleichfalls keine positiven Resultate zu erzielen vermocht.

Ganz andere Resultate erzielt man, wenn man den Infektionsstoff (Kulturen) unter die Haut, in eine Vene oder in das Peritoneum des Tieres einführt. Hierbei genügen 0,0001 mg Reinkultur, um, einem Kaninchen intravenös eingeführt, bei demselben Diarrhöe (ohne Blut), Paralyse zunächst der hinteren und dann der vorderen Extremitäten und Tod innerhalb einiger Tage herbeizuführen.

Shiga hat, indem er Kaninchen 0,002 mg Reinkultur subkutan injizierte, den Tod der Tiere nach 3 Tagen unter hochgradiger Abmagerung derselben beobachtet. Meerschweinchen reagieren nicht so heftig. Lentz hat, indem er einem kräftigen Kaninchen 0,001 mg bzw. einem Meerschweinchen 0,002 mg toter Kultur injizierte, den Tod des Versuchstieres innerhalb 1—3 Tagen unter Erscheinungen von Diarrhöe (ohne Blut) und Abmagerung beobachtet. Bei der Sektion der zugrunde gegangenen Tiere fand man auf der Schleimhaut keine der Dysenterie eigentümlichen Veränderungen.

Neuerdings berichten Vaillard und Dopter über positive Resultate, welche sie durch subkutane Einführung von Kulturen des Dysenteriebazillus, der bei Gelegenheit der Epidemie zu Vincennes aus den Entleerungen der Kranken isoliert wurde, bei Kaninchen, Hunden und Ferkeln erzielt haben. Leider machen diese Autoren keine Angaben über die Quantität des zur Injektion verwendeten Materials. Das klinische Bild gestaltet sich folgendermafsen: Die Temperatur stieg nach der Injektion um 1—1½°; an der Injektionsstelle trat eine harte Geschwulst auf; hierauf stellte sich mit heftigem Stuhldrang einhergehende Diarrhöe ein, wobei die Fäces Blutbeimischungen aufwiesen. Der Tod trat am 3.—6. Tage bei einer Körpertemperatur von 34° ein. Die makroskopische Untersuchung des Darms ergab: Ödem, Hyperämie und Verdickung der Dickdarmschleimhaut, diffuse oder zirkumskripte Blutergüsse; an den Schleimhautfalten waren stellenweise nekrotische Herde in Form von linsenartigen Flecken

von leicht grauer oder gelblicher Farbe, an den Stellen der Blutergüsse kleine seichte Geschwüre zu sehen; im Dünndarm bestanden Hyperämie und Infiltration der Schleimschicht. Das histologische Bild entsprach demjenigen der Dysenterie beim Menschen und ging mit dem makroskopischen Bilde konform. Die Toxine dieses Bazillus sind für Tiere in einer Quantität von 1,5—2 ccm bei subkutaner Injektion verderblich und erzeugen fast dieselben pathologischen Veränderungen.

Herr Privatdozent Dr. M. Ficker machte mir den Vorschlag, eine Reihe Fütterungsexperimente mit Dysenteriebazillen unter variablen Bedingungen anzustellen, um bei den Versuchstieren eventuell klinische Symptome und pathologische Veränderungen im Darm, die der Dysenterie des Menschen eigentümlich sind, hervorzurufen. Dabei sollte eine im Laboratorium vorrätige Shiga-Kultur Verwendung finden, deren Virulenz vorerst für die Gattung der zu benutzenden Versuchstiere auf eine möglichst hohe Stufe zu bringen war. Diesem Zwecke sollte die Methode der einfachen Tierpassage dienen oder aber es sollte versucht werden, ob nicht auf dem von Wilde[1]) betretenem Wege der Komplementbindung, z. B. durch gleichzeitige Einverleibung von Saprophyten, eine solche Virulenz zu erhalten war, durch welche bei Einverleibung der Kultur per os der natürliche Infektionsvorgang nachgeahmt werden konnte. Eventuell sollten, wenn auch gegenüber solcher Kultur die Versuchstiere sich als resistent erwiesen, die schon von Koch[2]) bei Tierversuchen mit Choleravibrionen mit Erfolg angewandten Maſsnahmen — Neutralisierung des Magensaftes, Ruhigstellung der Peristaltik — herangezogen werden.

Zur Prüfung der Kulturen, die bei der jeweiligen Tierpassage gewonnen wurden, bediente ich mich stets der Agglutinationsreaktion.

Zu diesem Zwecke wählte ich ein Kaninchen, dem 4 Monate lang (vom Dezember bis Ende April des lfd. Jrs.) in demselben

1) Wilde, H., Über die Beeinflussung der Alexinwirkung durch Absorption. Archiv f. Hygiene, Bd. 44, S. 1.

2) Koch, Konferenz zur Erörterung der Cholerafrage. Berliner klin. Wochenschr., 1885, Nr. 37, S. 6.

Laboratorium von Dr. Dombrowski eine Reihe subkutaner Injektionen einer Agarkultur des Shiga-Bazillus unter allmählicher Steigerung der Quantität derselben von 0,1 bis zu einer ganzen Kultur gemacht worden waren. Das Agglutinationsvermögen des Serums dieses Tieres konnte makroskopisch bis 1 : 30 und mikroskopisch bis 1 : 100 nachgewiesen werden. Anfang Juni machte ich demselben Kaninchen mit 8tägiger Zwischenpause zwei subkutane Injektionen von je einer Agarkultur zu je 5 ccm Bouillon. Diese Mischung wurde eine Stunde lang bis zu 60° erhitzt. Der Allgemeinzustand des Tieres war ein ziemlich guter, das Agglutinationsvermögen stieg makroskopisch bis 1 : 50 und mikroskopisch bis 1 : 150. Für die Zwecke meiner Arbeit gebrauchte ich stets eine Verdünnung von 1 : 50, welche sowohl mikroskopisch wie auch makroskopisch sehr gute Resultate ergab. Die Identität der schliefslich erhaltenen stark virulenten Kultur wurde aufserdem durch Herrn Dr. Ficker mittels Agglutination mit hochwertigem Ruhrserum einer Ziege festgestellt.

Als Versuchsobjekte gebrauchte ich bei meinen Experimenten zunächst junge, einige Wochen alte Kaninchen und Meerschweinchen; diese letzteren habe ich jedoch alsbald ausgeschlossen, weil sie weit schlechter als Kaninchen auf die Impfungen reagiert haben.

Die ursprüngliche und intraabdominale Injektion von 0,002 g einer 20stündigen Agarkultur des Shiga-Bazillus blieb bei dem betreffenden Kaninchen ohne jegliches Resultat: Das Tier zeigte zwar Symptome von Schwäche und frafs mangelhaft, blieb aber am Leben. Intraabdominale Injektionen von 0,003 und 0,004 g haben sich als verderblicher erwiesen, und die betreffenden Versuchstiere gingen am 5.—6. Tage zugrunde. Das der Bauchhöhle entnommene Exsudat erwies sich als steril: weder im hängenden Tropfen noch bei Anlegung von Kulturen auf Bouillon, Gelatine und Agar haben Bakterien nachgewiesen werden können. Bei einer Injektion von 0,006 g gingen Kaninchen in 2 Tagen unter Erscheinungen von Schleimdiarrhöe (ohne Blut) zugrunde. Das Exsudat der Bauchhöhle ergab im hängenden Tropfen

zahlreiche Bazillen; die Aussaat auf Gelatine und Petrischalen ergab Shiga-Bazillen in Reinkultur, die nach Übertragung auf Agar deutliche Agglutination bei einer Verdünnung von 1 : 50 gab. Sämtliche weiteren Impfungen machte ich gleichfalls in die Bauchhöhle. Vom letzten Kaninchen machte ich die nachfolgenden Überimpfungen parallel auf zweierlei Weise: 1. durch unmittelbare Überimpfung des aus der Bauchhöhle des zugrunde gegangenen Kaninchens gewonnenen Exsudats auf ein anderes Kaninchen in einer Quantität von 0,1—0,2 ccm, wobei das Exsudat stets darauf kontrolliert wurde, ob nicht aufser dem Dysenteriebazillus noch andere Bakterien vorhanden sind; 2. aus dem aus der Bauchhöhle des zugrunde gegangenen Kaninchens gewonnenen Exsudat säte ich eine Platinöse auf Gelatine in Petrischalen, wobei ich stets nur Kolonien des Dysenteriebazillus erzielte; dann überimpfte ich geeignete Kolonien auf Agar, wobei ich die gewonnene Kultur mittels Agglutinationsprobe prüfte und sie dann in die Bauchhöhle des Versuchstieres injizierte, unter allmählicher Verringerung der zur Injektion bestimmten Quantität des Infektionsstoffes. Die erste Überimpfungsweise wirkte rascher und stärker: das dritte Kaninchen ging schon nach 24 Stunden, das fünfte ungefähr nach 12 Stunden zugrunde, wobei ich aber im Exsudat aus der Bauchhöhle des sechsten Kaninchens, das gleichfalls 12 Stunden nach der Injektion zugrunde gegangen war, aufser dem Shiga-Bazillus noch das Bact. coli gefunden habe. Nachdem ich mittels Gelatinekulturen den Dysenteriebazillus isoliert und denselben mittels Agglutinationsprobe geprüft hatte, machte ich wieder eine Reihe von Überimpfungen, wobei ich wiederum beim vierten Kaninchen auf eine Verunreinigung des Exsudats gestofsen bin. Alle diese Kaninchen gingen sehr rasch, nämlich nicht länger als 12 bis 16 Stunden nach der Injektion zugrunde. Das zweite Verfahren lieferte, wenn auch langsamer, aber gleichfalls sehr günstige Resultate im Sinne einer Steigerung der Virulenz der Kulturen. Nach diesem Verfahren wurde die Kultur durch zehn Kaninchen geführt. Das zweite Kaninchen bekam 0,004 ccm und ging nach 48 Stunden zugrunde; das dritte bekam 0,002 ccm und verendete

gleichfalls am 3. Tage unter Erscheinungen von Schleimdiarrhöe und Paralyse zunächst der hinteren und dann der vorderen Extremitäten; das fünfte Kaninchen bekam gleichfalls 0,002 ccm und ging nach 20 Stunden zugrunde. Die nachfolgenden Kaninchen bekamen nur 0,001 und 0,0005 ccm und gingen gleichfalls in weniger als 24 Stunden zugrunde, das letztere sogar 6 Stunden nach der Injektion.

Für meine Experimente über die gemeinsame Wirkung des Shiga-Bazillus mit Saprophyten wählte ich drei Bakterienarten: Bacillus subtilis, megatherium und prodigiosus. Es wurden 0,002 ccm der ursprünglichen Shiga-Bazillenkultur in steriler Bouillon mit einer 20stündigen Agarkultur des Bacillus subtilis, megatherium bzw. prodigiosus vermengt und die jeweiligen Mischungen in die Bauchhöhle von Kaninchen injiziert. Die Versuche haben im Sinne einer Steigerung der Virulenz ein negatives Resultat ergeben. Zum zweiten Male wurde das Experiment mit einer virulenteren Kultur nach der dritten nach dem zweiten Verfahren gemachten Tierpassage ausgeführt. Die Kultur wurde in derselben Quantität d. h. in der Quantität von 0,002 ccm, verwendet. Sämtliche drei Kaninchen dieser Reihe sind zugrunde gegangen, wobei das Kaninchen, welches eine Mischung von Shiga-Bazillen mit Bacillus subtilis bekommen hatte, am 3. Tage, die übrigen beiden am 2. bzw. 4. Tage verendeten. Das dritte Experiment wurde mit einer Kultur gemacht, welche nach der sechsten Passage gewonnen wurde. Diesmal wurden 0,0002 ccm injiziert. Sämtliche drei Kaninchen blieben am Leben.

Alle drei Versuchsreihen haben keine Anhaltspunkte dafür geliefert, dafs die Shiga-Bazillen bei gemeinsamer Wirkung mit den oben erwähnten Saprophyten eine Steigerung ihrer Virulenz erfahren.

Zur Einverleibung per os wurde eine Kultur verwendet, die nach der zehnten nach dem zweiten Verfahren ausgeführten Passage gewonnen wurde. Im ganzen sind zehn junge Kaninchen den bezüglichen Experimenten unterzogen worden. Die Kultur wurde den Versuchstieren mittels Sonde unmittelbar in den Magen eingeführt. Es wurden vier, fünf und sechs 20stündige

Agarkulturen mit 30 oder 40 ccm Leitungswasser vermengt und auf diese Weise eine Flüssigkeit hergestellt, die das Aussehen einer Emulsion hatte. Ein Teil der Tiere mufste vor dem Versuche 1—3 Tage hungern. Bei einigen wurde der Magensaft 10 Minuten vor der Fütterung mittels 10 ccm einer 10proz. Sodalösung neutralisiert. Bei fünf Kaninchen wurde die Methode angewendet, welcher sich Koch bei der Erzeugung von Cholera bei Tieren bedient: Nach Neutralisation des Magensaftes wurde dem betreffenden Versuchstiere die aus den Kulturen hergestellte Emulsionsflüssigkeit eingeführt und hierauf in die Bauchhöhle Tinctura opii simpl. in einer Quantität von je 1 ccm auf je 200 g Körpergewicht des Tieres injiziert.

Die Fütterungsversuche haben nun folgende Resultate ergeben:

Das eine Kaninchen, welches nicht gehungert hatte, bekam vier Agarkulturen; es blieb am Leben; unbedeutende Schwäche, mangelhafter Appetit. Das zweite Kaninchen, welches gehungert hatte, bekam fünf Agarkulturen; gleiche Resultate. Drittes Kaninchen, nicht gehungert; Neutralisation des Magensaftes mittels 10 ccm einer 10proz. Sodalösung; fünf Agarkulturen; blieb am Leben; hochgradig ausgesprochene Schwäche, Parese der hinteren Extremitäten, die am 3. Tage verschwand. Viertes Kaninchen, hungernd; Neutralisation des Magensaftes; fünf Agarkulturen; ging am 5. Tage unter Erscheinungen von Parese der hinteren und vorderen Extremitäten zugrunde. Keine Diarrhöe. Sektion: Die Schleimhaut der oberen Hälfte des Dünndarms und des Magens ist hyperämisch und mit einer ziemlich bedeutenden Schleimmenge bedeckt; die übrigen Gedärme sind leer und bieten keine Veränderungen dar. Fünftes und sechstes Kaninchen, nicht hungernd; Neutralisation des Magensaftes; fünf Agarkulturen; Opiumkultur intraabdominal; am 6. Tage Diarrhöe (Schleim ohne Blut), die bis zum Tode anhielt; hochgradig ausgesprochene Schwäche; vollständige Paralyse der Extremitäten. Das eine Kaninchen ging am 8., das andere am 10. Tage zugrunde. Sektion: Hochgradige Hyperämie des Dünndarms, stellenweise Blutergüsse im Stratum mucosum und submucosum; Mesenterial-

drüsen geschwollen; im Dünn- und Dickdarm Schleim; Schleimhaut des Dickdarms etwas hyperämiert, leicht ödematös, enthält ein wenig Schleim. Das siebente und achte Versuchskaninchen haben 1 Tag vor dem Versuch gehungert. Neutralisierung des Magensaftes; fünf Agarkulturen, Tinctura opii intraabdominal; am 4. Tage schleimige Diarrhöe. Das eine Kaninchen ging am 5. Tage zugrunde. Sektionsresultat wie im vorstehenden Falle, nur war die Hyperämie des Dünndarms noch stärker ausgesprochen, die Blutergüsse waren zahlreicher, wobei diese letzteren auch im oberen Abschnitt des Dickdarms anzutreffen waren, dessen Schleimhaut etwas hyperämiert war; Mesenterialdrüsen vergröfsert. Das zweite Kaninchen ging am 10. Tage zugrunde; die Diarrhöe hielt 2 Tage an (am 4. und 5. Tage); hochgradig ausgesprochene Schwäche, Paralyse der Extremitäten. Bei der Sektion fand man geringe Hyperämie des Dünndarms; Dickdarm unverändert. Das neunte Kaninchen hungerte vor dem Versuch 2 Tage; Neutralisation des Magensaftes; sechs Agarkulturen; Opiumtinktur intraabdominal; am 5. Tage schleimige Diarrhöe, am 8. Tage Diarrhöe mit Blutbeimischung; vollständige Paralyse der Extremitäten, hochgradige Schwäche und Abmagerung, Tod am 9. Tage. Sektion: Ziemlich hochgradige Hyperämie der Dünndarmschleimhaut, stellenweise Blutergüsse; Mesenterialdrüsen geschwollen, Dickdarm hyperämiert, Schleimhaut etwas ödematös; stellenweise, häufiger an den Spitzen der Schleimhaut falten, ist grauer Belag zu sehen; im ganzen Dickdarm sind zahlreiche hämorrhagische Infarkte oder richtiger Blutergüsse im Stratum mucosum und submucosum nebst Schwellung und dunkelroter Verfärbung der Darmwand; in der unteren Hälfte des Dickdarms sind oberflächliche Blutergüsse in Form von kleinen Punkten vorhanden; näher zum Mastdarm und an der Analöffnung findet man ziemlich viel Schleim, der mit Blut untermischt ist; die Milz bietet keine Veränderungen dar, die Leber hat das für Infektionskrankheiten übliche Aussehen. Nieren bedeutend hyperämiert. Die Aussaat des schleimig-blutigen Exsudats auf Gelatine und weitere Identifizierung ergab Shiga-Bazillen in Reinkultur.

Das mikroskopische Bild der aus der Dickdarmwand gefertigten Schnitte war folgendes: Blutgefäfse erweitert, mit Blut gefüllt; in den Lymphräumen bedeutende Ansammlungen von Lymphozyten; Nekrose des Epithels, welche sich durch mangelhafte Färbung der Kerne dieser Schicht kennzeichnete; Drüsenschicht infiltriert. Das zehnte Kaninchen hungerte vor dem Versuch 3 Tage; Fütterung wie im vorstehenden Falle; nach der Methode von Koch — sechs Agarkulturen. Das Kaninchen ging nach 3 Tagen unter Erscheinungen von hochgradiger Schwäche an Paralyse der Extremitäten zugrunde. Sektion: Dünndarm aufgetrieben, mit Schleim gefüllt, etwas hyperämiert; im Dickdarm leichtes Ödem der Schleimhaut, Hyperämie und mancherorts Blutergüsse.

Die Einführung in den Magen eines Kaninchens von fünf Shiga-Bazillenkulturen, von denen 0,0005 ccm das Tier bei Injektion in die Bauchhöhle töten, bleibt, wie aus den vorstehenden Experimenten ersichtlich, fast ohne jeglichen Einflufs, bis auf vorübergehende Schwäche. Bei vorangehender Neutralisation des Magensaftes, namentlich bei Tieren, die zuvor 1 Tag gehungert hatten, tritt der Tod ziemlich rasch ein, wobei im Darm fast keine pathologischen Veränderungen zu sehen sind. Die Verabreichung einer Kultur durch Sonde bei Neutralisation des Magensaftes und Injektion einer Opiumtinktur in die Bauchhöhle gibt schon sicherere Resultate im Sinne der Erzeugung eines klinischen Krankheitsbildes, namentlich bei Tieren, die zuvor gehungert hatten. Das neunte Kaninchen, welches vor dem Versuch 2 Tage gehungert hatte, erkrankte am 5. Tage an Diarrhöe; am 8. Tage zeigte sich in den Entleerungen Blut, und am folgenden Tage ging das Tier zugrunde. Bei der Sektion fand man bei diesem Tiere Veränderungen, welche an diejenigen erinnerten, die im ersten Stadium der Dysenterie angetroffen werden: Hyperämie und Schwellung der Dickdarmschleimhaut, stellenweise fibrinösen Belag, zahlreiche Blutergüsse im Stratum mucosum und submucosum, oberflächliche Exulceration der Epithelschicht mit Nekrose derselben, Ansammlung von Schleim und Blut im

unteren Abschnitt des Mastdarms. Das zehnte Kaninchen ist wahrscheinlich infolge zu andauernden, nämlich 3 tägigen Hungerns zugrunde gegangen, so dafs die pathologischen Veränderungen im Darm sich zu entwickeln noch nicht vermocht hatten. Die Veränderungen der Dickdarmschleimhaut, die bei dem neunten Kaninchen gefunden worden sind, entsprechen vollständig demjenigen pathologischen Krankheitsbilde, welches von Vaillard und Dopter bei Kaninchen, Hunden und Ferkeln mittels subkutaner Einführung von Kulturen erzeugt worden ist; nur waren in den Experimenten dieser Autoren diese Veränderungen deutlicher ausgesprochen.

Dafs wir bei der Einverleibung per os nur mit sehr starken Dosen zu positiven Resultaten kamen, kann nach den Erfahrungen, die bisher mit der Einverleibung von Reinkulturen einer Reihe vom Darm aus wirkender Bakterien gemacht wurden, nicht verwundern. Hatte doch auch schon Koch für seine ersten positiven Resultate bei Meerschweinchen die für diese Tiere nicht unerhebliche Menge von 10 ccm Cholerabouillon einverleiben müssen, ebenso ist hier an die Versuche Schönwerths[1]) zu erinnern, von dessen virulentester Hühnercholerakultur ein Bazillus genügte, um eine Taube nach subkutaner Impfung zu töten, während die Verabreichung per os zum mindesten 60 000 000 Individuen zur Herbeiführung einer Infektion bei der so überaus empfänglichen Taube nötig waren.

Zum Schlufs erachte ich es für meine angenehme Pflicht, an dieser Stelle dem Direktor des Hygienischen Instituts der Berliner Universität, Herrn Geheimrat Prof. Dr. Rubner, für die liebenswürdige Erlaubnis, in seinem Laboratorium zu arbeiten, ferner Herrn Privatdozenten Dr. M. Ficker für seine Hilfe bei der Ausführung dieser Arbeit meinen tief empfundenen Dank zu sagen.

1) Schönwerth, A., Archiv f. Hygiene, Bd. 17, S. 361.

## Literatur.

Losch, Massenhafte Entwicklung von Amöben im Dickdarm. Virchows Archiv, Bd. 65.

Kartulis, Zur Ätiologie der Dysenterie in Ägypten. Virchows Archiv, 1886, Bd. 105.

Kruse und Pasquale, Untersuchungen über Dysenterie und Leberabszefs. Zeitschr. f. Hygiene, 1894, Bd. 16, H. 1.

Chantemesse et Widal, Sur le microbe de la dysenterie. Bulletin de l'Acad. de Med., 1888.

Shiga, Über den Erreger der Dysenterie in Japan. Centralbl. f. Bakteriol., 1898, Bd. 23, H. 14.

Derselbe, Über den Dysenteriebazillus. Centralbl. f. Bakteriol., 1898, Bd. 24, H. 22—24.

Derselbe, Studien über die epidemische Dysenterie in Japan unter besonderer Berücksichtigung des Bacillus dysenteriae. Deutsche med. Wochenschr., 1901, Nr. 43—45.

Derselbe, Weitere Studien über den Dysenteriebazillus. Zeitschr. f. Hygiene 1902, Bd. 41, H. 3.

Flexner, The Etiology of Tropical Dysentery. Centralbl. f. Bakteriol., 1900, Bd. 28, H. 19.

Kruse, Über die Ruhr als Volkskrankheit und ihren Erreger. Deutsche med. Wochenschr., 1900, Nr. 40.

Derselbe, Der jetzige Stand der Dysenteriefrage. Deutsche Ärzte-Zeitung, 1902, Nr. 2.

Derselbe, Weitere Untersuchungen über die Ruhr und die Ruhrbazillen. Deutsche med. Wochenschr., 1901, Nr. 23 u. 24.

Th. Müller, Über den bakteriologischen Befund bei einer Dysenterie-Epidemie. Centralbl. f. Bakteriol., 1902, Bd. 31, H. 12.

Rosenthal, Zur Ätiologie der Dysenterie. Deutsche med. Wochenschr., 1903, Nr. 6.

Martini und Lentz, Die Differenzierung der Ruhrbazillen mittels der Agglutination. Zeitschr. f. Hygiene, 1902, Bd. 41, H. 2.

Pfuhl, Schmiedicke, Drigalski, Jürgens, Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Militärsanitätswesens. Herausgeg. vom Königl. Preufs. Kriegsministerium. Berlin, 1902, H. 20.

Lentz, Über Dysenterie. Handbuch der pathogenen Mikroorganismen. Jena, 1902, Lieferung 6 u. 7.

Dombrowsky, Zur Biologie der Ruhrbazillen. Archiv f. Hygiene, 1903, Bd. 47, H. 3.

Hetsch, Weiteres zur kulturellen Differenzierung der Ruhrbazillen gegenüber ruhrähnlichen Bakterien. Centralbl. f. Bakteriol., 1903, Bd. 34, Nr. 6.

L. Vaillard et Ch. Dopter, La dysenterie épidémique. Annales de l'Institut Pasteur, 1903, Nr. 7.

# Über Stoffwechsel und Energieverbrauch bei der Surraerkrankung.

Von

Dr. **Rudolf Stähelin** aus Basel.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Trotz der vielen Untersuchungen, die schon über den Stoff- und Kraftwechsel beim Fieber angestellt worden sind, haben bisher manche Fragen noch keine sichere Beantwortung gefunden. So herrscht über die Rolle der Fettverbrennung beim Fieber noch immer Unklarheit; dafs im Fieber bisweilen die Wärmeproduktion gesteigert ist, ist ja mit Sicherheit festgestellt. Sind nun aber in diesen Fällen die Oxydationsprozesse im ganzen gesteigert und nimmt an dieser Steigerung auch die Fettverbrennung teil, oder ist das Wesentliche ein »toxogener Eiweifszerfall«, welcher die Vermehrung der Wärmeproduktion deckt oder sogar kompensiert, wie Senator zuerst betont hat[1]). Diese Frage kann nur durch lange dauernde Stoffwechselversuche mit vollständiger Stoff- und Energiebilanz entschieden werden. Es ist übrigens wohl möglich, ja sogar wahrscheinlich, dafs sich verschiedenartige fieberhafte Krankheiten in dieser Beziehung verschieden verhalten, dafs die verschiedenen Infektionen einen verschiedenen spezifischen Einflufs auf den Stoffwechsel ausüben. Die stärkste Einwirkung

1) Senator, Untersuchungen über den fieberhaften Prozefs. Berlin, 1873. Vgl. Krehl, Pathol. Physiologie, Leipzig, 1898, S. 410 ff. Derselbe, Zeitschr. f. allg. Phys., I. Bd., 1902. Kraus, Artikel Fieber in Lubarsch-Ostertag, Erg. d. allg. path. Morph. u. Phys., Wiesbaden, 1895, I, 2, S. 659. Fr. Müller, Leydens Handb. d. Ernährungstherapie, II. Aufl., Bd. I, S. 213.

mufs sich in den Krankheiten geltend machen, in denen der rapideste Kräftezerfall stattfindet. Zu diesen gehört nach den Angaben der meisten Autoren[1]) die Surra, welche in Indien unter verschiedenen Tieren herrscht und bei Hunden und Pferden in kurzer Zeit unter hochgradiger Abmagerung zum Tode führt. Ich habe im hygienischen Institut der Universität Berlin an einem surrakranken Hund einen solchen Stoffwechselversuch vorgenommen, der sich über die ganze Dauer der Erkrankung erstreckt.

Die Surrakrankheit wird durch ein Trypanosoma, einen Parasiten aus der Klasse der Flagellaten verursacht, welcher im Blut der infizierten Tiere lebt und sich lebhaft bewegt. Die Verbreitung geschieht durch Mückenstiche. Durch subkutane Injektion von Blut eines kranken Tieres läfst sich die Krankheit experimentell übertragen. Ich benutzte zur Infektion 1,5 ccm einer mit Natriumzitrat versetzten Blutprobe, welche dem hygienischen Institut vom kaiserlichen Gesundheitsamt in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt worden war. Das Blut stammte von einem Hund, der 8 Tage früher mit Surraparasiten (1 ccm Hundeblut in 41. Passage) geimpft worden war; das ursprüngliche Material war, wenn ich recht unterrichtet bin, von Dr. Schilling in Togo gewonnen worden.

## Versuchsanordnung.

Der Versuchshund, ein Fox- Terrier, der schon früher vielfach zu Respirationsversuchen benutzt worden war, wurde zuerst möglichst vollständig ins Stoffgleichgewicht gebracht und dann geimpft. Während der Vorperiode und während der ganzen Dauer der Krankheit bis zum Tode wurden alle Einnahmen und Ausgaben untersucht, so dafs, mit Ausnahme einer unsicheren Periode von 7 Tagen, während der ganzen Zeit für jeden Tag die Stoff- und Energiebilanz aufgestellt werden konnte. Die

1) Laveran et Mesnil, Recherches morph. et experiment. sur le Trypanosome du Nagana ou malad. de la mouche Tsétsé. Annal. de l'Institut Pasteur, 1902, Nr. 1. Rabinowitsch und Kempner, Die Trypanos. d. Menschen- u. Tierpath., sowie vergleichende Trypanos. Untersuchungen. Centralbl. f. Bakteriol., 34, S. 804.

Untersuchungen erstreckten sich auf Stickstoff, Kohlenstoff und Wasser, aufserdem wurden Nahrung, Harn und Kot kalorimetrisch untersucht.

Der Hund befand sich während der ganzen Zeit im Pettenkoferschen Respirationsapparat, und zwar diente als Kammer das Kalorimeter, in welchem das Tier eben stehen oder liegen, aber nicht gehen konnte. Der Hund legte sich jedesmal sofort hin und blieb ganz ruhig, so dafs gröfsere Muskelarbeit, welche den Stoffumsatz hätte erhöhen können, ausgeschlossen ist, namentlich konnte auch während der Krankheit trotz möglichst genauer Beobachtung keine Muskelbewegung wahrgenommen werden, so dafs die Resultate dieser Periode mit den Werten der Vorperiode direkt verglichen werden können. Mittags wurde der Hund herausgenommen, katheterisiert und gefüttert, währenddessen wurden die Barytröhren gewechselt, die Schwefelsäurefläschchen gewogen und die Ablesungen gemacht. Diese Pause dauerte 1—1 ½ Stunden. Während dieser Zeit setzte der Hund meist auch Kot ab. Aufserdem wurde der Hund morgens und abends für wenige Minuten zum Zweck des Katheterisierens und der Temperaturmessung herausgenommen. Nach dem Katheterisieren wurde die Blase jedesmal mit Wasser nachgespült. So konnte vermieden werden, dafs Urin und Kot ins Kalorimeter gelassen wurden. Erst in der letzten Zeit der Krankheit hielt das Tier Urin und Kot bisweilen nicht. Die Einrichtung des Kalorimeters gestattet nun diese ohne Verlust aufzufangen, aber die Bestimmung der Wasserverdunstung verliert deshalb an Genauigkeit.

Die Nahrung bestand aus Hundekuchen der Firma Spratt in Berlin. Vor Beginn des Versuches wurde eine für die ganze Dauer reichende Menge gemahlen und gemischt und Proben zur Analyse entnommen. Dieselbe ergab Wasser 90,72 %, in der Trockensubstanz N 4,05 %, C 45,10 %, H 6,81 %.

Die kalorimetrische Untersuchung in der Berthelotschen Bombe ergab für 1 g Trockensubstanz in zwei Bestimmungen:

1. 4604 kal.
2. 4603 kal.

Es war beabsichtigt, soviel Nahrung zuzuführen, dafs der Hund in der Vorperiode genau im Stoffwechselgleichgewicht war, und ihm dieselbe Nahrung solange wie möglich während des Fiebers zuzuführen, damit eine Erhöhung der Zersetzungen klar zum Ausdruck kommen sollte. Das gelang auch ziemlich gut. Das Stoffwechselgleichgewicht wurde in der Vorperiode mit einer Ration von 140 g Hundekuchen pro Tag beinahe erreicht, indem pro Tag nur 0,15 g N retiniert und 4,45 g C zuviel ausgeschieden wurden Dagegen konnte die ganze Nahrungsmenge nicht bis zuletzt zugeführt werden, doch frafs sie der Hund 14 Tage nach der Infektion mit Ausnahme eines Tages vollständig auf, in den nächsten sieben Tagen teilweise, in den letzten vier Tagen frafs er nichts mehr.

Dagegen gelang es nicht, die Wasserzufuhr konstant zu halten. 140 g Wasser genügten in der Vorperiode, vom dritten Tage nach der Impfung an mufste die Ration erhöht werden, um den Hund zum Auffressen der festen Nahrung zu bewegen und die Wassermenge mufste verdoppelt werden. Das Wasser wurde mit dem gemahlenen Hundekuchen zu einem Brei gemischt. Wenn der Hund nicht alles gefressen hatte, wurde der Rest gewogen und darin die Trockensubstanz bestimmt.

Der Harn wurde immer sorgfältig gesammelt. Täglich wurden das spezifische Gewicht und der Stickstoff (nach Kjeldahl) bestimmt. Sodann wurde der Harn von je 3 Tagen vereinigt und darin der Kohlenstoff nach Scholz[1]) bestimmt, ein Teil unter Oxalsäurezusatz getrocknet und der kalorische Wert der Trockensubstanz festgestellt.

Das Verhältnis C : N schwankte von 0,732 bis 0,758 mit Ausnahme der letzten 6 Tage, an denen Eiweifs und Zucker ausgeschieden wurden und die Werte 0,977 und 1,310 betrugen. Ähnlich verhielt sich der Verbrennungswert, indem auf 1 g N 7,544 bis 8,810 Kal., in den letzten 6 Tagen auf 1 g N 9,450 Kal. resp. 13,560 Kal. fielen.

Der Kot wurde vor Beginn des Stoffwechselversuches und im Zeitpunkt der Impfung mit Knochenfütterung abgegrenzt. Jeder

1) Centralbl. f. inn. Med., Bd. 18, 1897, S. 353.

frisch abgesetzte Kot wurde sofort gewogen, getrocknet und die Perioden vereinigt. In der Trockensubstanz wurden C, N, H und Verbrennungswärme bestimmt. Die Resultate waren folgende:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Wassergehalt | I. Per. | 66,79 % | II. Per. | 68,31 % |
| in der Trockensubstanz N | I. » | 5,785 » | II. » | 5,03 » |
| C | I. » | 41,86 » | II. » | 42,86 » |
| H | I. » | 5,93 » | II. » | 6,41 » |
| Verbrennungswert pro 1 g Trockensubstanz | I. » | 4106 g kal. | II. » | 4209 g kal. |

In den letzten Tagen war bisweilen Kot und Harn oder Erbrochenes gemischt im Kalorimeter, dann wurde die Masse gewogen, getrocknet und in der Trockensubstanz N und, wenn die Substanz ausreichte, C, H und Kal.-Wert bestimmt. Da das nicht immer möglich war, ergibt sich eine Ungenauigkeit, doch ist diese, weil es sich nur um kleine Mengen handelt, nicht erheblich.

## Krankheitsverlauf.

Am 18. Juni 1903 wurde der Hund mit 1,5 ccm Hundeblut subkutan injiziert, das bei der mikroskopischen Untersuchung 2—3 lebhaft sich bewegende Parasiten im Gesichtsfeld zeigte.

Am 22. Juni waren die ersten Krankheitserscheinungen bemerkbar, indem der Hund etwas schlaff und müde aussah und nicht die ganze Nahrung auffrafs. Im Urin fand sich eine Spur Eiweifs. Die Temperatur stieg ein wenig. Am 23. waren schon viel Parasiten im Blut nachweisbar, etwa 4—6 im Gesichtsfeld, am 26. schon 10—20. Am 24. stieg die Temperatur, sank dann wieder und stieg am 26. aufs neue. Der Hund konnte in den nächsten Tagen nur mit Mühe zum Fressen seiner Ration gebracht werden, war weniger lebhaft wie früher, zeigte aber sonst keine Krankheitserscheinungen. Am 28. trat eine Fieberremission ein und das Tier war wieder etwas lebhafter, von da ab wurde es aber immer elender und magerte stark ab. Am 29. trat ein leichtes Ödem an den Genitalien auf, später auch an den Pfoten. Am 2. Juli zeigte sich eine starke Injektion der Konjunktiven, am 3. Chemosis, dann trübten sich die Cornea allmählich und es trat Hypopyon auf.

Vom 8. Juli an wurde der Hund so elend, dafs er nicht mehr stehen konnte. Es stellte sich Ikterus ein, der langsam zunahm. Zugleich begann die Temperatur stark zu sinken und fiel nun bis zum Tode konstant ab. Am 10. Juli zeigte sich Cheyne-Stokessches Atmen. Die Reflexe wurden stark gesteigert. Am 12. Juli traten häufige Konvulsionen der Extremitäten auf, das Tier reagierte nicht mehr und starb im Laufe des Tages. Im Urin war immer etwas Eiweifs nachweisbar, bis zu 1 ‰, in den letzten 6 Tagen etwas mehr und aufserdem eine geringe Menge von Zucker. Die Temperatur zeigte folgenden Verlauf:

| | morgens | abends | | morgens | abends |
|---|---|---|---|---|---|
| 19. VI. | 37,9 | 37,9 | 1. VII. | 40,3 | 40,2 |
| 20. » | 37,9 | 38,3 | 2. » | 40,1 | 40,0 |
| 21. » | 38,0 | 38,2 | 3. » | 39,0 | 38,5 |
| 22. » | 38,0 | 38,7 | 4. » | 38,4 | 38,7 |
| 23. » | 38,1 | 38,3 | 5. » | 37,5 | 38,5 |
| 24. » | 39,4 | 39,5 | 6. » | 39,9 | 39,8 |
| 25. » | 38,3 | 37,7 | 7. » | 40,4 | 39,4 |
| 26. » | 39,6 | 40,1 | 8. » | 39,5 | 38,2 |
| 27. » | 39,6 | 39,2 | 9. » | 38,8 | 37,7 |
| 28. » | 37,9 | 38,3 | 10. » | 36,4 | 36,4 |
| 29. » | 39,6 | 39,8 | 11. » | 35,5 | 35,5 |
| 30. » | 40,4 | 40,2 | 12. » | 35,9, unter 35 | |

Die Sektion ergab grofse Fettarmut des Körpers, leichtes Ödem der Extremitäten, geringen Ikterus, kleine bronchopneumonische Herde in den Lungen, kleine gelbweifse Flecken im Herzmuskel, die sich in mikroskopischen Präparaten als nekrotische Herde erwiesen, Milztumor mäfsigen Grades. Die Nieren waren geschwollen, die Rinde war trüb und enthielt keilförmige gelbweifse Stellen, teilweise mit rotem Rand, die bei der mikroskopischen Untersuchung sich als nekrotisch erwiesen, während das Epithel der Tubuli contorti stark degeneriert war. Die übrigen Organe, auch Gehirn und Rückenmark, waren normal.

Ein anderer Hund von 34,3 kg Gewicht, der zu gleicher Zeit geimpft wurde, zeigte denselben Krankheitsverlauf, nur lebte er noch 4 Tage länger. Sein Körpergewicht nahm ab bis zu 24,4 kg.

Die Sektion ergab das gleiche Resultat.

## Resultate.

Auf Tabelle I finden sich das Körpergewicht, die Einnahmen an Nahrung und Wasser, die Ausgaben in Respiration, Harn und Kot, sowie die N- und C-Bilanz. Der ganze Verlauf ist in mehrere Perioden eingeteilt.

1. Vorperiode, 8 Tage dauernd, vom 10.—18. Juni.
2. Periode von der Infektion bis zum Beginn des Fiebers, 18.—24. Juni. Diese Periode enthält die Inkubationszeit und die Zeit des Temperaturanstiegs.

   Die fieberhafte Periode mufste in 3 Tage geteilt werden, da an 7 Tagen infolge eines Versehens die Ablesungen an der Gasuhr ungenau waren. Deshalb wurden die Tage mit zuverlässigen Resultaten zusammengefafst und für die mittlere Periode an Stelle der Werte für $CO_2$ Wahrscheinlichkeitszahlen eingesetzt. Diese wurden genommen als Mittel aus den Zahlen für den 27./28. Juni und 5./6. Juli. Daraus wurde dann, da das tägliche Verhältnis zwischen $CO_2$ und Wasserdampfausscheidung bekannt war, die letztere berechnet. So erhalten wir:
3. eine Periode vom 24.—28. Juni in der nur die $CO_2$- und $H_2O$-Zahlen der letzten Tage nicht ganz sicher.
4. eine Periode, in der nur die N-Bilanz sicher ist und
5. eine Periode vom 5.—8. Juli, in der die N C- und Wasserbilanz wieder zuverlässig ist.
6. Die Schlufsperiode umfafst die Tage vom 8./9. Juli bis zum 12. Juli (Todestag). In dieser Periode sind die Temperaturen meistens subnormal.

Die Mittelzahlen der Stickstoffbilanz sind folgende:

| | N in der Nahrung | N im Harn | N im Kot | N-Bilanz |
|---|---|---|---|---|
| Vorperiode | 5,67 | 4,135 | 1,38 | + 0,155 |
| Inkubations- und Prodromalperiode | 4,45 | 4,14 | 0,82 | — 0,51 |
| Erste Fieberperiode | 5,67 | 5,87 | 0,98 | — 1,18 |
| Zweite Fieberperiode | 4,37 | 5,89 | 0,98 | — 2,50 |
| Dritte Fieberperiode | 3,34 | 5,19 | 0,71 | — 2,52 |
| Terminale Periode | 0,45 | ? | ? | — 4,7 |

Tabelle I.

| | Gewicht am Anfang d. Periode | Zufuhr | | Ausgaben | | Respiratorische Ausgaben | | $CO_2$ | | $H_2O$ | | N-Bilanz | | | | C-Bilanz | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Feste Nahrung | Wasser | Harn | Kot | $CO_2$ | $H_2O$ | pro kg Körpergew. | pro qm Oberfläche | pro kg Körpergew. | pro qm Oberfläche | Nahrung | Harn | Kot | Bilanz | Nahrung | Respir. | Harn | Kot |
| 10./11. VI. | 8,58 | 140 | 140 | 135 | (140) | 174,8 | 98,7 | 20,37 | 350,5 | 11,50 | 200,5 | 5,67 | 4,09 | 1,38 | + 0,20 | 57,27 | 47,7 | 3,07 | 10,01 |
| 11./12. » | 8,51 | 140 | 360 | 128 | 53 | 208,9 | 182,2 | 24,56 | 421,3 | 21,41 | 367,5 | 5,67 | 4,23 | 1,38 | + 0,06 | 57,27 | 57,0 | 3,17 | 10,01 |
| 12./13. » | 8,64 | 140 | 140 | 98 | 84 | 207,4 | 142,5 | 21,69 | 374,0 | 16,49 | 284,4 | 5,67 | 3,88 | 1,38 | + 0,41 | 57,27 | 50,0 | 2,99 | 10,01 |
| 13./14. » | 8,56 | 140 | 140 | 111 | 82 | 174,5 | 121,8 | 20,38 | 350,3 | 14,22 | 244,5 | 5,67 | 3,64 | 1,38 | + 0,65 | 57,27 | 47,6 | 2,40 | 10,01 |
| 14./15. » | 8,63 | 140 | 140 | 131 | — | 172,0 | 104,2 | 19,93 | 343,6 | 12,07 | 208,1 | 5,67 | 4,12 | 1,38 | + 0,17 | 57,27 | 46,9 | 3,09 | 10,01 |
| 15./16. » | 8,62 | 140 | 140 | 126 | 116 | 176,3 | 101,0 | 20,45 | 352,4 | 11,71 | 201,8 | 5,67 | 4,31 | 1,38 | — 0,02 | 57,27 | 48,1 | 3,28 | 10,01 |
| 16./17. » | 8,46 | 140 | 140 | 119 | 100 | 166,5 | 127,2 | 19,68 | 337,0 | 15,03 | 257,4 | 5,67 | 4,35 | 1,38 | — 0,06 | 57,27 | 45,4 | 3,31 | 10,01 |
| 17./18. » | 8,35 | 140 | 140 | 117 | — | 166,2 | 110,7 | 19,90 | 339,3 | 13,26 | 225,9 | 5,69 | 4,46 | 1,38 | — 0,17 | 57,27 | 45,2 | 3,40 | 10,01 |
| Summa | | 1120 | 1340 | 965 | 575 | 1426,6 | 988,3 | | | | | 45,36 | 33,08 | 11,04 | + 1,24 | 458,16 | 389,4 | 24,71 | 80,08 |
| Mittel | | | | | | =178,6 | 123,7 | 20,87 | 358,5 | 14,46 | 248,8 | | | | | | Bilanz | — | 35,6 |
| 18./19. VI. | 8,43 | — | 140 | 80 | 84 | 176,5 | 111,9 | 20,93 | 358,1 | 13,27 | 227,0 | — | 3,25 | — | — 3,25 | — | 48,1 | 2,65 | — |
| 19./20. » | 8,25 | 140 | 140 | 110 | 57 | 184,1 | 112,2 | 22,31 | 378,8 | 13,60 | 231,0 | 5,67 | 3,86 | 0,98 | + 0,83 | 57,27 | 49,2 | 3,15 | 7,70 |
| 20./21. » | 8,20 | 140 | 140 | 107 | — | 205,4 | 221,5 | 25,05 | 424,5 | 27,02 | 457,8 | 5,67 | 4,00 | 0,98 | + 0,69 | 57,27 | 56,0 | 3,26 | 7,70 |
| 21./22. » | 8,22 | 140 | 140 | 130 | 82 | 127,7 | 146,9 | 15,53 | 263,5 | 17,87 | 303,2 | 5,67 | 4,36 | 0,98 | + 0.33 | 57,27 | 34,8 | 3,55 | 7,70 |
| 22./23. » | 8,30 | 99 | 158 | 116 | — | 156,1 | 120,4 | 18,80 | 320,0 | 14,51 | 246,8 | 4,01 | 4,50 | 0,98 | — 1,47 | 40,51 | 42,5 | 3,66 | 7,70 |
| 23./24. » | 8,05 | 140 | 280 | 142 | 60 | 169,3 | 139,3 | 21,03 | 354,2 | 17,31 | 291,5 | 5,67 | 4,87 | 0,98 | — 0,18 | 57,27 | 46,2 | 3,96 | 7,70 |
| Summa | | 659 | 998 | 685 | 283 | 1019,1 | 852,2 | | | | | 26,69 | 24,84 | 4,90 | — 3,05 | 269,59 | 276,8 | 20,23 | 38,50 |
| Mittel | | | | | | 169,85 | 142,0 | 20,61 | 349,8 | 17,265 | 292,2 | | | | | | Bilanz | — | 65,9 |
| 24./25. VI. | 8,16 | 140 | 280 | 140 | 86 | 186,4 | 147,4 | 22,84 | 386,5 | 18,06 | 305,6 | 5,67 | 5,09 | 0,98 | — 0,40 | 57,27 | 50,8 | 3,88 | 7,70 |
| 25./26. » | 8,16 | 140 | 280 | 135 | 95 | 197,4 | 136,1 | 21,74 | 367,9 | 16,67 | 282,1 | 5,67 | 5,15 | 0,98 | — 0,46 | 57,27 | 53,8 | 3,90 | 7,70 |
| 26./27. » | 8,27 | 140 | 280 | 177 | — | 231,6 | 208,1 | 28,00 | 475,8 | 25,17 | 427,7 | 5,67 | 5,75 | 0,98 | — 1,06 | 57,27 | 63,2 | 4,36 | 7,70 |
| 27./28. » | 8,17 | 140 | 280 | 200 | 191 | 235,6 | 176,7 | 28,84 | 488,2 | 21,63 | 366,1 | 5,67 | 7,49 | 0,98 | — 2,80 | 57,27 | 64,3 | 5,48 | 7,70 |
| Summa | | 560 | 1120 | 652 | 372 | 851,0 | 668,3 | | | | | 22,68 | 23,48 | 3,92 | — 4,72 | 229,1 | 232,1 | 17,62 | 30,80 |
| Mittel | | | | | | 206,75 | 167,1 | 25,36 | 429,6 | 20,38 | 345,4 | | | | | | Bilanz | — | 51,4 |
| | | | | | | pro Tag | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28./29. VI. | 8,24 | 140 | 140 | 156 | — | 229[1] | 172[2] | 27,79 | 471,8 | 20,87 | 354,3 | 5,67 | 7,18 | 0,98 | — 2,49 | 57,27 | 62,5 | 5,26 | 7,70 |
| 29./30. » | 7,95 | 140 | 140 | 157 | 89 | 229[1] | 190[2] | 28,80 | 483,1 | 23,90 | 400,9 | 5,67 | 5,33 | 0,98 | — 0,64 | 57,27 | 62,5 | 3,90 | 7,70 |
| 30.VI.1.VII | 7,95 | 140 | 280 | 167 | — | 229[1] | 214[2] | 28,80 | 483,1 | 26,92 | 451,4 | 5,67 | 6,75 | 0,98 | — 2,06 | 57,27 | 62,5 | 4,97 | 7,70 |
| 1./2. VII. | 7,87 | 140 | 280 | 168 | 105 | 229[1] | 232[2] | 29,09 | 486,4 | 29,47 | 492,8 | 5,67 | 5,99 | 0,98 | — 1,30 | 57,27 | 62,5 | 4,41 | 7,70 |
| 2./3. » | 7,81 | 84 | 201 | 168 | — | 229[1] | 181[2] | 29,32 | 488,9 | 23,17 | 386,5 | 3,41 | 5,63 | 0,98 | — 3,20 | 34,36 | 62,5 | 4,14 | 7,70 |
| 3./4. » | 7,71 | 47 | 283 | 170 | 52 | 229[1] | 239[2] | 29,70 | 493,0 | 30,90 | 514,6 | 1,90 | 5,51 | 0,98 | — 4,59 | 19,23 | 62,5 | 4,17 | 7,70 |
| 4./5. » | 7,65 | 64 | 249 | 123 | — | 229[1] | 193[2] | 29,39 | 495,7 | 25,23 | 417,8 | 2,59 | 4,81 | 0,98 | — 3,20 | 26,18 | 62,5 | 3,58 | 7,70 |
| Summe | | 955 | 1573 | 1109 | 246 | 1603 | 1421 | | | | | 30,58 | 41,20 | 6,86 | —17,48 | 308,85 | 437,5 | 30,43 | 53,90 |
| Mittel | | | | | | 229 | 203 | 29,06 | 486,0 | 25,79 | 431,2 | | | | | | Bilanz | — | 213,4 |
| | | | | | | pro Tag | | | | | | | | | | | | | |
| 5./6. VII. | 7,65 | 100 | 320 | 179 | 202 | 222,4 | 187,7 | 29,07 | 481,5 | 24,53 | 406,2 | 4,05 | 4,60 | 0,98 | — 1,53 | 40,91 | 60,7 | 3,42 | 7,70 |
| 6./7. » | 7,55 | 100 | 100 | 209 | — | 194,4 | 266,6 | 25,72 | 424,5 | 35,32 | 582,2 | 4,05 | 5,88 | 0,58 | — 2,41 | 40,90 | 53,0 | 5,74 | 3,3(?) |
| 7./8. » | 7,35 | 50 | 250 | 203 | — | 169,7 | 155,7 | 23,09 | 377,3 | 21,18 | 346,1 | 2,025 | 5,08 | 0,58 | —3,635 | 20,45 | 46,3 | 4,96 | 3,3(?) |
| Summe | | 250 | 670 | 591 | 202 | 586,5 | 610,0 | | | | | 10,125 | 15,56 | 2,14 | —7,575 | 102,27 | 160,0 | 14,12 | 136(?) |
| Mittel | | | | | | 195,5 | 203,3 | 25,96 | 427,8 | 27,01 | 444,8 | | | | | | Bilanz | — | 86(?) |
| | | | | | | pro Tag | | | | | | | | | | | | | |
| 8./9. VII. | 7,23 | 50 | 250 | 301 | 86[3] | 174,2 | 130,2 | 24,09 | 391,5 | 18,01 | 292,6 | 2,025 | 8,62[8] | 0,58[8] | — 7,275 | 20,45 | 47,5 | 7,67 | 7,8 |
| 9./10. » | 7,00 | — | 145 | 105(?) | 229[4] | 146,7 | 115,4 | 20,96 | 337,0 | 16,48 | 265,1 | — | 3,59[9] | 2,59[9] | — 6,18 | — | 39,0 | 4,72 | 7,5(?) |
| 10./11. » | 6,64 | — | 97 | 135(?) | 159,5[5] | 134,4 | 130,8 | 20,33 | 320,7 | 19,78 | 312,0 | — | 2,53[9] | 0,69[9] | — 3,22 | — | 36,7 | 3,33 | 3,1(?) |
| 11./12. » | 6,34 | — | — | 40(?) | — | 123,4 | 167,8 | 19,46 | 302,8 | 26,46 | 411,7 | — | 3,37 ? | — | — 3,37 | — | 33,7 | 4,4 ? | ? |
| 12. bis zum Tod (ca. 10 Std.) | 6,09<br>5,74 (post mortem) | — | — | 240[6] | — | 66,6 | 71,8 | 26,23 | 402,7 | 28,30 | 434,2 | | 1,13<br>0,14 | | — 1,27 | — | 19,6 | — | 4,9 |
| | | | | | | | | auf 24 Stunden berechnet | | | | | (Magendarminhalt des Kadavers) | | | | | | |
| | | 50 | 482 | 821 | 474 | | | | | | | 2,025 | 18,61 | 4,63 | 21,215 | 20,45 | 76,5 | 20,12 | 23,3 |

1) Mittel zwischen 27./28. und 5./6. — 2) Berechnet aus der $CO_2$-Zahl und dem gefundenen Verhältnis von $H_2O$ zu $CO_2$ in der Ventilationsluft. — 3) Erbrochenes. — 4) Mit Harn gemischt. — 5) Mit Harn gemischt. — 6) Mit Kot und Erbrochenem gemischt. — 7) Erbrochenes. — 8) Mit Erbrochenem gemischt. — 9) Harn und Kot.

Zu bemerken ist noch, dafs der N-Gehalt des Kotes für die ganzen Perioden berechnet und auf die einzelnen Tage gleichmäfsig verteilt wurde. Für die Vorperiode ist dieses Verfahren sicher richtig. In der Krankheitsperiode begehen wir damit einen kleinen Fehler, indem an fünf von den 17 Tagen die Nahrungsaufnahme geringer war.

In der Vorperiode ist das N-Gleichgewicht sozusagen erreicht, ebenso in der Periode vom 18.—24. Juni. Die scheinbare Differenz rührt davon her, dafs am 1. Tage keine Nahrung, sondern nur Knochen gefüttert wurden, dafs ferner am 22./23. nur 99 g Hundekuchen mit 4,01 g N statt 140 mit 5,67 g N gefressen wurden.

In der ersten Fieberperiode nahm der Hund während aller vier Tage die ganze Nahrungsmenge zu sich, aber trotzdem überstieg die N-Ausscheidung im Harn die Nahrungsaufnahme. Bemerkenswert ist, dafs eine stärkere Mehrausscheidung von N erst an dem Tage begann, als das Fieber kontinuierlich hoch war, während an den Tagen mit Fieberremissionen die Vermehrung der N-Ausscheidung noch gering war.

In der zweiten Fieberperiode finden wir im Mittel die N-Ausscheidung im Harn wie in der ersten, doch weisen die einzelnen Tage erhebliche Unterschiede auf. Die stärkste Ausscheidung finden wir am 28./29. Juni mit 7,18 g, d. h. 2,49 g oder 44 % mehr als resorbiert wurde.

In der dritten Fieberperiode ist die Nahrungsaufnahme gering, die Ausscheidung aber dennoch höher als in der Normalperiode.

In der Schlufsperiode liefs sich Kot und Harn nicht mehr trennen, wir können daher nur das N-Defizit bestimmen. Dieses beträgt am ersten Tag 7,175 und sinkt dann etwa auf die Hälfte. Der Gesamtverlust an N während des ganzen Versuches beträgt 52,8 g. Wenn wir annehmen, dafs der N-Gehalt des Tieres bei Beginn des Versuches 3 % betrug[1]), so bedeutet das 20,3 %

---

1) Rubner, Die Gesetze des Energieverbrauches und der Ernährung. Berlin, 1903, S. 402.

des ursprünglichen Bestandes. Dabei hat das Körpergewicht von 8,58 kg auf 5,74 kg, also um 34%, abgenommen.

Die Ausnutzung der Nahrung war folgende: Es wurden nicht resorbiert durch den Kot ausgeschieden von

| | I. Periode | II. Periode. |
|---|---|---|
| N der Nahrung . . . | 24,4% | 19,75% |
| C » » . . . | 17,5 » | 15,5 » |
| Fett d. » . . . | 13,2 » | 15,5 » |
| Kalorien d. Nahrung . | 16,8 » | 15,1 » |

Die Kohlensäureausscheidung kann für sich allein betrachtet, nicht richtig beurteilt werden, da die $CO_2$ eine sehr verschiedene Bedeutung hat, je nachdem sie aus Eiweifs, Fett oder Kohlehydraten stammt. Deshalb wurde der Umsatz der einzelnen Stoffe berechnet und in Tabelle 2 zusammengestellt. Die Berechnung war dadurch vereinfacht, dafs die Zersetzung, wie aus dem N- und C- Defizit hervorgeht, die Zufuhr immer überschritt. Wir können daher, wenn wir zunächst vom Glykogenvorrat des Körpers absehen, annehmen, dafs die Mehrausscheidung von C aus Körpereiweifs und Körperfett herrührt. Wieviel aus dem Eiweifs stammt, können wir aus dem N-Defizit berechnen. Da wir wissen, dafs bei Eiweifszersetzung auf ein Teil N 3,2 Teile C kommen, brauchen wir die Zahl des N-Defizits nur mit 3,2 zu multiplizieren und diese Zahl von C zu subtrahieren, um die Menge C zu erhalten, die aus zersetztem Körperfett herrührt. Da nun 1 g N bei Zerfall von Körpereiweifs 25,0 Kal.[1]), 1 g C aus Fett 12,31 Kal.[2]) entspricht, können wir feststellen, wieviel Kalorien durch Zerfall von Eiweifs und Fett entstanden sind. Dazu kommt der Kalorienwert der Nahrung, der direkt bestimmt wurde, dagegen mufs der ebenfalls direkt bestimmte Kaloriengehalt von Harn und Kot abgezogen werden, dann erhalten wir die gesamte Wärmeproduktion.

Für die Beurteilung der Wärmeproduktion sind sowohl die Werte für die Gewichtseinheit als auch für die Oberfläche zu

1) Rubner, Gesetze des Energieverbrauches, S. 19.

2) Rubner, Zeitschr. f. Biologie, Bd. 21, S. 363.

berücksichtigen. Die Oberfläche wurde nach der Meehschen Formel unter Anwendung der Konstante 11,9 berechnet.[1]) Die Berücksichtigung der Oberfläche allein könnte zu Irrtümern führen. Denn beim stark abgemagerten Tier steht die Wärmeproduktion nicht im direkten Verhältnis zur Oberfläche, was teilweise darauf beruht, dafs die Konstante bei starker Abmagerung sich ändert.[2])

In der Vorperiode beträgt die Wärmebildung pro kg Körpergewicht 59,81 Kal. und pro qm Oberfläche 1027 Kal. Diese letztere Zahl stimmt gut mit der von Rubner und später von E. Voit berechneten Durchschnittszahl für den Hund von 1030 Kal.

In den der Impfung folgenden zwei Tagen ist die Wärmebildung noch ungefähr auf gleicher Höhe wie in der Vorperiode. Am 20./21. Juni steigt sie dann, ohne dafs die Temperatur erhöht wäre, auf 83,79 resp. 1245 Kal. Da an diesem Tage keine Fehlergrenze zu finden ist, könnte man geneigt sein anzunehmen, dafs trotz des Fehlens von Krankheitserscheinungen schon eine Störung der Wärmebildung vorlag. Für die Annahme einer solchen Störung würde auch der Wert des folgenden Tages sprechen, der nur die Hälfte des vorhergehenden beträgt. Doch sind diese Differenzen so aufserordentlich grofs, dafs man doch an einen Versuchsfehler denken mufs. In den nächsten zwei Tagen steigt dann die Wärmeproduktion allmählich an, um am 24./25. Juni wieder einen normalen Wert zu erreichen. Während dieser Tage treten unregelmäfsige Temperatursteigerungen bis zu 39,5 auf. Diese Verminderungen der Wärmeproduktion während des Fieberanstiegs ist eine bekannte Erscheinung[3]). Interessant ist, dafs sie hier schon vor dem Temperaturanstieg in der Inkubationszeit zu beobachten ist. Ähnliche Beobachtungen hat schon Senator[4]) gemacht. Vom 25. bis 28. Juni steigt die Wärmeproduktion unter Auftreten von hohem Fieber immer mehr bis zu einer Höhe von 88,88 Kal., pro kg und 1507 Kal. pro qm, was

1) Rubner, Leydens Handb. d. Ernährungsther., II. Aufl., 1, S. 69. Gesetze des Energieverbrauches, S. 280.

2) Rubner, Gesetze des Energieverbrauches, S. 528.

3) Kraus, Lubarsch-Ostertag, I, 2, S. 675.

4) Senator, Untersuchungen über den fieberhaften Prozefs, 1874.

einer Vermehrung um 47,4 bzw. 45,3% entspricht. Doch sind die Zahlen für diese zwei letzten Tage nicht absolut zuverlässig.

Für die Periode vom 28. Juni bis 5. Juli berechnet sich eine mittlere Wärmeproduktion von 83,71 Kal. pro kg und 1404 Kal. pro qm. Diese Berechnung beruht auf den $CO_2$-Zahlen, die als Mittel aus den zwei Tagen vorher und nachher gewonnen sind. Wir können über die Richtigkeit dieser Annahme ein Urteil gewinnen, wenn wir für diese Zeit die Wasserbilanz zum Vergleiche heranziehen. Wie wir später sehen werden, läfst sich der Wasserverlust mit Hilfe des Stoffverbrauches berechnen und mit dem direkt gefundenen vergleichen. Dann erhalten wir für diese Periode eine Differenz von 35 g, also eine gute Übereinstimmung.

Am 5./6. Juli ist die Wärmeproduktion pro kg Körpergewicht ungefähr gleich wie am 27./28. Juni, 88,68 statt 88,88, während sie pro qm Oberfläche etwas mehr gesunken ist, von 1507 auf 1432. Die Steigerung gegenüber der Norm beträgt also 44,9% bzw. 39,4%. Von da an sinkt sie wieder, steigt am 8./9. Juli noch einmal vorübergehend an und sinkt dann auf Werte, welche unter den normalen liegen. Am Todestag hätten wir wieder eine starke Vermehrung der Wärmebildung, wenn die auf 27 Stunden berechneten Werte richtig wären. Ein Teil dieser Steigerung liefse sich auf die Konvulsionen des Fiebers zurückführen, aber die Berechnung ist unsicher, da nicht genau bekannt ist, wie lange das Tier noch gelebt hat.

Wenn man die Zersetzungsgröfse der letzten Tage und deren Temperaturen betrachtet und die Abnahme des Körpergewichts und des N-Bestandes berücksichtigt, könnte man daran denken, dafs der Tod die Folge von Inanition gewesen sei. Dem widerspricht aber die Zusammensetzung der Organe nach dem Tode. Die Untersuchung ergab:

Muskel . . . . . . . . Trockensubstanz 25,52%
in der Trockensubstanz N = 11,96%
Fett = 22,32 »

Leber . . . . . . . . . Trockensubstanz 24,02%
in der Trockensubstanz N = 11,455%
Fett = 12,14 »

Die ganze Berechnung der Wärmeproduktion beruht auf zwei Voraussetzungen:

1. dafs nur Eiweifs und Fett vom Körper verbrannt worden sei. Diese Voraussetzung ist nicht ganz richtig, indem sicher auch Glykogen verbrannt wurde.[1])

Doch ist dieser Fehler nicht bedeutend. Wenn wir den Glykogengehalt des Körpers zu 70 g annehmen, was sicher zu hoch ist, so wären darin 31,1 g C enthalten, diese würden also statt aus Fett aus Glykogen stammen. Da nun 1 g C aus Fett 12,31 Kal. liefert, 1 g C aus Glykogen nur 9,43 (1 g Glykogen = 4191 Kal.), so würden 99,6 Kal. zu viel berechnet sein. Wenn wir ferner annehmen, der ganze Glykogenbestand des Körpers sei in der Zeit vom 26. Juni bis 6. Juli zersetzt worden, so würde der Fehler 1,6% ausmachen. Das ist aber wohl nicht der Fall, sondern es ist wahrscheinlich, dafs die Glykogenzersetzung in den ersten Fiebertagen gröfstenteils beendet gewesen sei[2]), so dafs wir hier vielleicht einen Fehler von wenigen Prozenten hätten. Doch ist der Glykogengehalt mit 70 g sicher viel zu hoch angesetzt, da z. B. Schöndorff[3]), dem es darauf ankam, möglichst hohe Glykogensätze zu erzielen, doch in einem Fall nur einen Glykogengehalt von 7,3% des Körpergewichtes fand. Und unser Hund befand sich schon bei Beginn des Versuches in Unterernährung, indem er in den vorhergehenden 24 Tagen 500 g an Gewicht verloren hatte. Wir können also diesen Fehler vernachlässigen.

2. Die andere Voraussetzung ist die, dafs Eiweifs und Fett, abgesehen von den Verlusten in Harn und Kot, bis zu den Endprodukten verbrannt worden und keine Zwischenprodukte im Körper zurückgeblieben seien. Nun wird eine solche Retention bisweilen angenommen, um den im Fieber beobachteten niedrigen respiratorischen Quotienten zu erklären.[4]) Aber abgesehen da-

1) Rubner, Zeitschr. f. Biologie, Bd. XXX, 119, und May, ebendaselbst, Bd. XXX.

2) Manassein (Virchows Archiv, 56, S. 244) fand junge Hunde nach mäfsigem Fieber nach 8 Tagen glykogenfrei.

3) Pflügers Archiv, 99, S. 191.

4) Riethus, Archiv f. experim. Path. u. Pharm., 45, S. 239.

von, dafs diese Erniedrigung nicht regelmäfsig vorhanden ist und anders erklärt werden kann[1]), kann es sich höchstens um kleine Mängel handeln, welche auf unsere Resultate keinen nachweisbaren Einflufs haben könnten.

Ein Teil der Wärmeproduktion wird dazu verwendet, den Körper zu erwärmen, doch beträgt dieser Wärmeverbrauch, da die spezifische Wärme des Körpers nahezu = 1 ist[2]), nur eine Kal. pro kg, kann also vernachlässigt werden.

Eine andere Korrektur ist viel wichtiger. Die Körpertemperatur ist nicht nur abhängig von der Wärmeproduktion, sondern auch diese von jener. Nach Frank und Voit[3]) beträgt die Mehrung der $CO_2$-Ausscheidung für einen Grad Temperaturerhöhung 7 %.[2]) Wenn wir diese Korrektur auf die Wärmeproduktion der Vorperiode anwenden, erhalten wir folgende Vergleichszahlen:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 36° | pro | kg | 52,2 Kal. | pro | qm | 897 |
| 37° | » | » | 55,9 » | » | » | 960 |
| 38° | » | » | 59,80 » | » | » | 1027 |
| 39° | » | » | 64,1 » | » | » | 1099 |
| 40° | » | » | 68,6 » | » | » | 1176 |

Wenn wir damit die Zahlen der Fiebertage vergleichen, so sind es, abgesehen von der unsicheren Periode, namentlich drei, der 26./27. Juni, der 27./28 Juni und der 5./6. Juli, an denen die Wärmeproduktion darüber hinaus gesteigert ist. Es frägt sich nun, wieviel von dieser Mehrzersetzung aus Eiweifs herrührt.[4]) Wenn wir den Anteil der Wärmeproduktion, der aus Zerfall von Körpereiweifs stammt, subtrahieren, so erhalten wir:

| | pro Kilo Körpergewicht | pro qm Oberfläche |
|---|---|---|
| 26./27. Juni . . . . . | 78,91[5]) | 1342[5]) |
| 27./28. Juni . . . . . | 81,77[5]) | 1385[5]) |
| 5./6. Juli . . . . . . | 82,51 | 1363, |

1) Vgl. Kraus, Zeitschr. f. klin. Medizin, Bd. 18.

2) Hale White Lancet, 1897, I, S. 1659.

3) Zeitschr. f. Biologie, 42, S. 309.

4) Vgl. über diese Frage: Kraus, Lubarsch-Ostertag, a. a. O. Krehl, Zeitschr. f. allg. Physiol., Bd. I.

5) Resultat nicht absolut sicher.

Auf die ersten 2 Tage möchte ich kein zu grofses Gewicht legen, da möglicherweise ein kleiner Fehler vorliegt, dagegen ist der 5./6. Juli ganz zuverlässig, und dieser zeigt (bei einer mittleren Temperatur von 39,2) eine ganz erhebliche Steigerung gegenüber dem Wert der 39° entspricht. Aber es ist aufserdem nicht angängig, in dieser Weise die durch Mehrzersetzung von Eiweifs bedingte Wärmeproduktion von der anderen zu subtrahieren, denn wenn es sich wirklich nur um einen toxogenen Eiweifszerfall handelte, so müfste die dabei frei werdende Wärme Fett vor Zerfall schützen, und zwar eine isodyname Menge, nur vermindert um den Betrag, der der spezifisch dynamischen Wirkung des

Tabelle II.

| Datum | Kalorien der Nahrung | Kalorien an Körperzersetzung | | Summe | Wärmeproduktion (Summe nach Abzug der Kal. in Harn und Kot) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | an Eiweifs | an Fett | | |
| 10./18. VI. Mittel | 585 | — 4,0 | 61,55 | 642,05 | 510,0 |
| 18./19. VI. | — | 81,25 | 496,7 | 577,9 | 549,9 |
| 19./20. » | 585 | — 2,07 | 66,9 | 631,1 | 525,0 |
| 20./21. » | 585 | — 1,72 | 269,6 | 837,3 | 687,0 |
| 21./22. » | 585 | — 8,3 | — 121,9 | 454,8 | 341,4 |
| 22./23. » | 413 | 36,75 | 91,1 | 540,8 | 425,1 |
| 23./24. » | 585 | 4,5 | — 2,4 | 587,1 | 469,3 |
| 24./25. » | 585 | 10,0 | 46,7 | 641,7 | 521,4 |
| 25./26. » | 585 | 11,5 | 81,2 | 677,7 | 556,9 |
| 26./27. » | 585 | 26,5 | 179,7 | 791,2 | 675,2 |
| 27./28. » | 585 | 70,0 | 206,6 | 861,6 | 729,3 |
| 28.VI.–5.VII. Mittel | 451 | 62,5 | 276,0 | 790,5 | 665,2 |
| 5./6. VII. | 418 | 37,2 | 319,8 | 775,0 | 658,8 |
| 6./7. » | 418 | 60,2 | 165 | 643 | 527 |
| 7./8. » | 209 | 90,9 | 277 | 577 | 482 |
| 8./9. » | 209 | 179,4 | 252 | 640 | 553 |
| 9./10. » | — | 154,5 | 387 | 541 | 391 |
| 10./11. » | — | 80,5 | 404 | 484 | 384 |
| 11./12. » | — | 84,2 | 337 | 421 | 366 |
| 12./13. » | — | 76,2 | 600 | 667 | 650 |

zersetzten Eiweifses entsprechen würde. Einen Mafsstab über den Teil, welchen die vermehrte Eiweifszersetzung an der Mehrung der Wärmeproduktion hat, gewinnen wir auch aus der Berechnung der Prozente, mit welchen sich das Eiweifs an der Verbrennung beteiligt. Die Werte sind in Tabelle 2 eingetragen. Wir sehen, dafs das Eiweifs einen etwas gröfseren Anteil an der Gesamtwärmeproduktion hat als in der Vorperiode, doch wird diese Steigerung erst in der Periode der sinkenden Temperaturen erheblich (bis 35,8 % gegenüber 20,3 %). Wir müssen also für die Tage der starken Steigerung des Stoffwechsels neben dem toxogenen Eiweifszerfall noch einen toxogenen Fettzerfall annehmen

Tabelle II.

| Das Eiweifs beteiligt sich an der Zersetzung | | Kal. aus Wasserverlust | Kal. aus Leitung u. Strahlung | Der Wärmeverlust durch Verdunstung betrug in % | Kal. pro kg | Kal. pro qm | Temperatur | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| mit Kal. | in % | | | | | | abends | morgens |
| 103,4 | 20,3 | 74,1 | 518,9 | 14,3 | 59,80 | 1027 | — | — |
| 81,2 | 14,8 | 67,1 | 482,8 | 12,2 | 65,24 | 1116 | 38,1 | 37,9 |
| 96,5 | 18,4 | 67,3 | 457,7 | 12,4 | 63,63 | 1081 | 37,9 | 37,9 |
| 100,0 | 14,6 | 132,7 | 554,3 | 19,3 | 83,79 | 1425 | 38,3 | 38,0 |
| 109,0 | 31,9 | 88,1 | 253,3 | 25,9 | 41,54 | 705 | 38,2 | 38,0 |
| 112,5 | 26,5 | 72,2 | 352,9 | 17,0 | 51,22 | 872 | 38,7 | 38,1 |
| 121,7 | 25,9 | 83,6 | 385,7 | 17,8 | 58,30 | 982 | 38,3 | 39,4 |
| 127,5 | 24,5 | 88,4 | 433,0 | 17,0 | 63,89 | 1081 | 39,5 | 38,3 |
| 128,2 | 23,0 | 81,7 | 475,2 | 14,7 | 68,25 | 1154 | 37,7 | 39,6 |
| 143,2 | 21,2 | 24,9 | 550,3 | 18,5 | 81,64 | 1388 | 40,1 | 39,6 |
| 187,5 | 25,7 | 106,0 | 623,0 | 14,5 | 88,88 | 1507 | 39,2 | 37,9 |
| 147,2 | 22,1 | 121,8 | 543,4 | 18,3 | 83,71 | 1404 | — | — |
| 115,0 | 17,5 | 112,6 | 546,2 | 17,1 | 86,68 | 1432 | 38,5 | 39,9 |
| 147 | 27,9 | 160,0 | 467,0 | 30,4 | 69,81 | 1150 | 39,8 | 40,4 |
| 127 | 28,4 | 93,4 | 389 | 19,4 | 65,57 | 1070 | 39,4 | 39,5 |
| 198 | 35,8 | 78,1 | 465 | 14,1 | 76,49 | 1240 | 38,2 | 38,8 |
| 140 | 35,8 | 69,2 | 322 | 17,7 | 55,86 | 900 | 37,7 | 36,4 |
| 73 | 19,0 | 78,5 | 306 | 20,4 | 58,09 | 920 | 36,4 | 35,5 |
| 84 | 23,0 | 100,7 | 265 | 27,2 | 57,73 | 900 | 35,5 | 35,9 |
| 25 | 3,8 | 100 | 550 | 15 | 105 | 650 | — | — |

oder wir kommen auf die alte Anschauung zurück, dafs das Fieber keine direkte Wirkung der Infektion auf die gesammelten Zellen des Organismus, sondern eine Störung der Wärmeregulation ist.

Es ist natürlich nicht bewiesen, dafs in jedem Fall von Fieber auch der Fettstoffwechsel gesteigert ist, sondern das scheint die Ausnahme zu bilden. Namentlich die Versuche von May, der den ganzen Stoff- und Kraftwechsel im Fieber untersucht hat, beweisen, dafs es in der Regel nicht der Fall ist. Doch können sich die verschiedenen Infektionen verschieden verhalten.

Die Verteilung der Wärmeabgabe auf Wasserverdunstung einesteils, Leitung und Strahlung anderseits können wir berechnen, wenn wir annehmen, dafs durchschnittlich 1 g verdunstetes Wasser 600 g Kal. entspricht.

Die Wasserdampfausscheidung setzt sich zusammen aus dem von der Lunge ausgeschiedenen und dem von der Haut bzw. der Mundschleimhaut abgesonderten Wasser. Sie zeigt folgende Mittelwerte:

| | Gramm pro Kilo Körpergewicht | Gramm pro qm Oberfläche |
|---|---|---|
| Vorperiode . . . . . . . . . . | 14,46 | 248,8 |
| Inkubations und Prodromalperiode | 17,265 | 292,2 |
| I. Fieberperiode . . . . . . . | 20,38 | 345,4 |
| II. Fieberperiode . . . . . . . | 25,79 | 431,2 |
| III. Fieberperiode . . . . . | 27,01 | 444,8 |
| Schlufsperiode . . . . . . . . | 20,18 | 320,35 |

Die Wasserdampfausscheidung steigt also schon im ersten Stadium der Infektion an, stärker in der Fieberzeit, um in der letzten Zeit wieder etwas zu sinken. Doch ist zu bemerken, dafs die Zahlen teilweise etwas zu hoch sind, da bisweilen etwas Urin im Kalorimeter gelassen wurde und zum Teil verdunstete. So sind in den Fieberperioden an einzelnen Tagen Urinmengen verdunstet, die, aus der Farbe des zurückgelassenen Harns zu schliefsen, bis zu 50 ccm betragen haben mögen. Das betrifft namentlich die Tage mit den scheinbar besonders hohen Wasser-

dampfausscheidungen. Während der letzten Periode wurde nachts immer Urin gelassen, so dafs hier die Zahlen immer zu grofs erscheinen.

Wenn wir daraus den Wärmeverlust durch Verdunstung berechnen, so haben wir die Zahlen, die in Tabelle 2 eingesetzt sind. Wenn wir die erwähnte Fehlerquelle berücksichtigen, so sehen wir, dafs die Verteilung der Wärmeabgabe auf die verschiedenen Komponenten gegenüber der Norm nicht wesentlich geändert ist. Das stimmt mit den Erfahrungen anderer über die Wärmeabgabe im Fieber[1]).

Wenn wir nun noch die Gesamtzersetzung des Körpers während der ganzen Versuchsdauer berechnen, erhalten wir folgende Werte:

| | Eiweifs zersetzt | Fett zersetzt |
|---|---|---|
| Vorperiode | — 8 | 51 |
| Inkubations- und Prodromalperiode | 17 | 73 |
| I. Fieberperiode | 29 | 49 |
| II. Fieberperiode | 110 | 204 |
| III. Fieberperiode | 47 | 79 |
| Nachperiode | 143 | 175 |
| | 329 | 631 |

| | |
|---|---|
| Die Gewichtsabnahme beträgt | 2840 |
| Zersetzung von Körpersubstanz | 960 |
| also Wasserverlust | 1880 |

Wasserbilanz.

| | |
|---|---|
| Trinkwasser | 6200 |
| Wasser im Hundekuchen | 315 |
| Oxydationswasser der Nahrung (nach Abzug des H im Harn und Kot) | 1625 |
| Oxydationswasser aus Körpereiweifs | 210 |
| Oxydationswasser aus Körperfett | 680 |
| Summe der Einnahmen | 9030 |

[1]) Vgl. Krehl, a. a. O.

| | |
|---|---|
| Wasser im Harn . . . . . . . . . . . | 4530 |
| Wasser im Kot . . . . . . . . . . . . | 1540 |
| In der Respiration . . . . . . . . . . . | 5155 |
| Summe der Ausgaben | 11225 |
| Differenz von Einnahmen und Ausgaben . . | 2195 |
| Berechnet aus der Stoffzersetzung . . . . | 1880 |

Zum Schlufs spreche ich Herrn Geheimrat Professor M. Rubner für die Anregung zu dieser Arbeit und für die Unterstützung bei der Ausführung derselben meinen ergebenen Dank aus.

# Hygienische Untersuchungen über Mehl und Brot.

## XIII. Einige Beiträge zur Kenntnis der Mehl-, Teig- und Brotsäuren.

Von

Dr. **Dombrowsky,**
Oberstabsarzt aus Rußland.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Würzburg. Direktor: Prof. Dr. K. B. Lehmann.)

Die Azidität des Mehles, des Teiges und des Brotes ist bekanntlich in hygienischer Beziehung von nicht geringer Bedeutung. Die Azidität des Mehles wird dann in Betracht gezogen, wenn es sich darum handelt, über die Beschaffenheit des Mehles zu urteilen. So sagt z. B. Scherpe[1]): »Die Azidität wird in dem Verhältnis, wie sich die Beschaffenheit des Mehles verschlechtert, erhöht und ist bereits bei geringem, an äufseren Merkmalen nicht leicht erkennbarem Grade des Verderbens von derjenigen guten Mehles wesentlich verschieden.« Die Azidität des Brotes ist sowohl hinsichtlich des Geschmacks, wie auch hinsichtlich der Verdaulichkeit und Assimilierbarkeit von Bedeutung. Wenn auch die Beteiligung der Mikroorganismen an allen Prozessen, welche die Umwandlung des Mehles in Teig und Brot bewirken, aufser jedem Zweifel steht, so kann nichtsdestoweniger die Bedeutung der einzelnen Mikroorganismen, welche aus Mehl und

---

1) Dr. R. Scherpe, Die chemischen Veränderungen des Roggens und Weizens beim Schimmeln und Auswachsen. Zeitschr. f. Unters. d. Nähr- u. Genufsmittel, 1899, S. 556.

aus saurem Teig isoliert worden sind, bei weitem noch nicht als vollständig aufgeklärt angesehen werden. »Für die Bäckerei«, sagt Maurizio[1]) in seinem lehrreichen Buche, »kommen nur diejenigen Bakterien des Mehles in Betracht, welche Gase oder Säuren erzeugen. Die gaserzeugenden Bakterien sind am besten bekannt, während die eigentlichen Säurebildner, welche bei der Lagerung des Mehles jedenfalls eine hervorragende Rolle spielen, des näheren Studiums harren«. Die Frage der Wechselbeziehungen zwischen diesen Mikroorganismen und der eventuellen Azidität des Mehles und des Teiges sowohl in qualitativer wie in quantitativer Beziehung harrt noch ebenso des Studiums wie die Frage der Bedeutung dieser Wechselbeziehungen überhaupt.

## I. Azidität des Mehles.

In bezug auf die Reaktion des Mehles kann man die These als allgemein akzeptiert betrachten, welche Maurizio[2]) folgendermafsen formuliert: »Das Mehl besitzt eine neutrale oder kaum saure Reaktion. Ein hoher Säuregehalt des Mehles weist auf Verdorbensein hin«. Um bei der Arbeit eine genaue Vorstellung von dem Grade der Azidität des Mehles zu haben, habe ich mir vorgenommen, die Azidität des Mehles verschiedener Provenienz zu bestimmen. Bei der Bestimmung der Azidität bediente ich mich der Methode des direkten Titrierens der Aufschwemmung des Mehles mit einer Lösung von $^1/_5$ Normalnatronlauge unter nachträglicher Berechnung auf Normalnatron und 100 g Mehl.

50 g von der jeweiligen Mehlsorte wurden mit 200 ccm Wasser verrührt und die Mischung titriert, wobei Phenolphthalein als Indikator Verwendung fand. Mittels dieses einfachen Verfahrens habe ich die Azidität von 10 Proben Roggenmehl und 10 Proben Weizenmehl verschiedener Provenienz bestimmt und dann die Berechnung auf Trockensubstanz und Milchsäure ausgeführt.

1) Maurizio, Getreide, Mehl und Brot, 1902, S. 233.

2) Maurizio, a. a. O., S. 274.

Die Resultate sind aus folgenden Tabellen zu ersehen:

Tabelle I.

**Roggenmehl.**

| | Fränkisches Mehl | | | | Hessen | Sachsen | Rheinpfalz | | Schlesien | Ostpreußen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Azidität, Mehl direkt titriert $^1/_8$ n Natron berechnet. Auf 100 g Mehl in Normalnatron | 5,3 | 5,0 | 3,5 | 4,9 | 4,7 | 5,7 | 4,7 | 4,9 | 4,3 | 4,9 |
| Azidität, berechn. auf Trockensubst. u. Milchsäure ($C_3H_6O_3$) | 0,52 | 0,51 | 0,36 | 0,5 | 0,49 | 0,58 | 0,48 | 0,5 | 0,44 | 0,51 |
| Wassergehalt des Mehles . | 10,7 | 12,4 | 12,9 | 12 | 12,7 | 12,6 | 12,7 | 12,7 | 12,4 | 13,2 |

Tabelle II.

**Weizenmehl.**

| | Fränkisches Mehl | | Arnstat Thüringen | Budapest | Hannover | Baden | Ludwigshaven | Mannheim | Eßlingen Württembg. | Elsaß |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Azidität, direkt titriert und berechnet auf 100 g Mehl in Normalnatron . . . . | 3,3 | 3,5 | 3,8 | 2,3 | 3,5 | 2,6 | 2,6 | 3,4 | 2,6 | 2,9 |
| Azidität, berechn. auf Trockensubst. u. Milchsäure ($C_3H_6O_3$) | 0,33 | 0,36 | 0,4 | 0,23 | 0,36 | 0,27 | 0,27 | 0,35 | 0,26 | 0,29 |
| Wassergehalt . . . . . . | 12,4 | 13,5 | 14,5 | 11,7 | 13,2 | 13,4 | 13,4 | 13,0 | 12,2 | 12,7 |

Die Azidität der von mir untersuchten Mehlproben bewegte sich für Roggenmehl zwischen 0,36% und 0,52%, für Weizenmehl zwischen 0,23% und 0,4%.

Die von mir für Roggenmehl erhobenen Werte gehen mit denjenigen konform, die von anderen Autoren festgestellt worden sind. So hat beispielsweise Thal[1]), der sich bei seinen Untersuchungen des Lackmuspapieres als Indikators bedient hat, die Azidität des Roggenmehls mit 0,328 berechnet. Dagegen weichen

1) Thal, Pharmazeut. Zeitschr. f. Rufsland, 1894, S. 641. Zit. nach Scherpe: Die chemischen Veränderungen des Roggens etc.

meine Befunde aber von denjenigen ab, die von Scherpe festgestellt worden sind, und aus diesem Grunde habe ich das Mehl mehrere Male auf Azidität unter strenger Befolgung der von Scherpe[1]) gemachten Vorschriften untersucht. 10 g des Mehles wurden 4 Stunden lang mit Wasser von gewöhnlicher Temperatur unter häufigem Schütteln ausgezogen, und nachdem auf 250 ccm aufgefüllt worden war, wurde filtriert und in 50 ccm der Lösung die Azidität bestimmt. Ohne mich auf Titrieren der ersten 50 ccm-Portion des Filtrates zu beschränken, bestimmte ich mittels Titrierens die Azidität einer zweiten und einer dritten 50 ccm- Portion des Filtrats. Hierauf wurde der Filter mittels Glasstäbchens durchbohrt und in der jetzt ablaufenden trüben Flüssigkeit gleichfalls die Azidität bestimmt; schliefslich wurde der auf dem Filter zurückgebliebene Rest mit destilliertem Wasser abgespritzt und gleichfalls titriert. Das gewonnene Resultat ist aus der nächstfolgenden Aufstellung zu ersehen:

a) Durch direktes Titrieren von 50 g Roggenmehl + 200 ccm Wasser wurde Azidität des Mehles zu 5,3 gefunden. (Berechnet auf Normalnatron und 100 g Mehl.)

b) Durch Titrieren nach der Methode von Scherpe:

| | | |
|---|---|---|
| 1. | auf 50 ccm Filtrat wurden verbraucht | 0,6 ccm $^{1}/_{10}$·n NaHO. |
| 2. | » 50 » » » » | 0,6 » » » |
| 3. | » 50 » » » » | 0,6 » » » |
| 4. | in der flüssigen Mischung nach Durchbohrung des Filters mittels Glasstäbchens | 2,0 » |
| 5. | im Rückstand abgespritzt vom Filter mit 100 ccm destillierten Wassers . . | 1,2 » |
| | im ganzen | 5,2. |

Hätte ich mich nur mit Titrierung der ersten Portion des Filtrats begnügt und nach dieser die Azidität berechnet, so hätte ich weit geringere Zahlen erhalten, in unserem Falle 3,0.

1) Scherpe, Die chemischen Veränderungen des Roggens und Weizens beim Schimmeln und Auswachsen. Arbeiten aus d. Kais. Gesundheitsamt, Bd. XV, S. 401.

Scherpe[1]) bespricht seinerseits die Differenz zwischen der von ihm festgestellten Azidität und der von den übrigen Autoren erhobenen, die, wie z. B. Thal, gröfsere Werte erhalten haben, und führt diese Differenz darauf zurück, dafs er Phenolphthalein als Indikator verwendet, während Thal sich des Lackmuspapiers bedient hatte. Dieser Erklärung kann man sich jedoch nicht ohne weiteres anschliefsen, da aus den Arbeiten des Prof. Lehmann[2]), wovon ich mich auch bei meinen Experimenten überzeugt habe, hervorgeht, dafs man bei der Verwendung von Lackmustinktur und Lackmuspapier als Indikator durchweg geringere Zahlen für die Azidität erhält und keineswegs gröfsere als diejenigen, die bei der Verwendung des Phenolphthaleins erhoben werden.

Der Unterschied kommt vielmehr in erster Linie davon her, dafs Scherpe nur die löslichen gegen Phenolphthalein sauer reagierenden Körper bestimmt.

Die im vorstehenden angeführten Mehlproben (Tabelle I) waren trotz des verschiedenen Aziditätsgrades sämtlich backfähig.

Aus den vorstehenden Ausführungen schliefse ich:

Durch direkte Titrierung des mit Wasser angemischten Mehls findet man pro 100 g Mehl 1—2 ccm Normalsäure mehr als durch Titrierung des Wasserauszugs. Eine Untersuchung, welche unlösliche Körper diese Mehrazidität bei der direkten Bestimmung ergibt, habe ich nicht angestellt, es liegt nahe zu vermuten, dafs die Eiweifskörper kleine Säuremengen zu binden vermögen. Zu einem ähnlichen Schlusse ist Prof. Lehmann auch für das Brot gekommen.

## II. Azidität des Teiges.

Die Azidität des Teiges ist nach einigem Stehen ohne Zusatz eines Lockerungsmittels höher als die Azidität des Mehles, aus dem der Teig hergestellt ist. Die Azidität des Mehles steigt in dem aus dem betreffenden Mehle hergestellten Teige unter dem Einflufs von verschiedenen auf das Mehl einwirkenden Faktoren.

1) Scherpe, a. a. O., S. 423 (Arbeiten aus d. Kais. Gesundheitsamt).

2) Prof. Dr. Lehmann, Hygienische Untersuchungen über Mehl und Brot. X. Archiv f. Hygiene, XLIV. 223.

Unter diesen Faktoren spielen eine hervorragende Rolle, wie es Prof. Lehmann[1]) durch seine experimentellen Untersuchungen erwiesen hat: 1. Die Dauer der Gärung und 2. die Temperatur. Zu diesen beiden Faktoren, welche die Zunahme der ursprünglichen Azidität des Mehles in dem aus demselben hergestellten Teige bewirken, möchte ich mir erlauben, noch einen dritten Faktor hinzuzufügen, den ich bei meinen Untersuchungen habe stets in Betracht ziehen müssen, nämlich das Quantum des bei der Herstellung des Teiges zur Verwendung gelangenden Wassers. Die Resultate der Experimente, die ich zur Begründung dieser Frage vorgenommen habe, sind aus der nachstehenden Tabelle zu ersehen, aus der zugleich der Einflufs der Dauer der Gärung hervorgeht.

Tabelle III.

**Einflufs des zugesetzten Wasserquantums (auf 100 g Roggenmehl und Normalnatron berechnet).**

| Dauer der Gärung | 50 g Mehl u. 25 ccm Wasser 1 : 0,5 | | 50 g Mehl u. 100 ccm Wasser 1 : 2 | | 50 g Mehl u. 200 ccm Wasser 1 : 4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 Stunden | I 5,6; | II 5,6 | I 6; | II 6,2 | I 10,8; | II 11,2 |
| 7 » | 7; | 7,2 | 9,2; | 9,4 | 12,8; | 12,8 |
| 12 » | 12,8; | 12,8 | 23,4; | 23,4 | 29,8; | 30,2 |
| 20 » | 16,4; | 16,8 | 52,8; | 53,2 | 56,4; | 56,4 |

Die horizontalen Kolumnen der vorstehenden Tabelle dokumentieren den Einflufs des Wasserquantums auf die Säurebildung. Die vertikalen Kolumnen lassen den Einflufs der Dauer der Gärung erkennen. Die Werte der vorstehenden Tabelle berechtigen meines Erachtens zu folgendem Schlufs: Der Einflufs des Wasserquantums bei der Herstellung des Teiges auf die Azidität des Teiges läfst die volle Bedeutung der Konzentration des Teiges für die Säurebildung hervortreten, und zwar in dem Sinne, dafs eine Gärung des Teiges nur bei einer gewissen Konzentration desselben vor sich gehen kann. Offenbar wirkt in erster Linie der Wassermangel resp. die Nährstoffkonzentration direkt

1) Prof. Dr. Lehmann, Hygienische Untersuchungen über Mehl und Brot. III. Archiv f. Hygiene, Bd. XIX, S. 406 u. ff.

störend, sodann wird wohl die relativ stärkere Säurekonzentration in den wasserärmeren Teigen eine hemmende Rolle spielen.

Zur Analyse der Bestandteile, welche die Gesamtsäure des spontan gesäuerten Teiges bilden, mufste man eine Methode zur Extrahierung dieser Bestandteile mittels Wassers zu finden suchen. Vor allem machte ich den Versuch, dies durch Verwendung der Marioteschen Flasche und des Soxhletschen Extraktionsapparates zu erreichen, die sich Professor Lehmann[1]) bei seinen Experimenten mit Brot sehr gut bewährt haben. Bei den Experimenten mit Teig mufste man, um die Bestandteile desselben mittels Wassers zu extrahieren, jedoch vor allem die Plastizität des Teiges beseitigen. Die zahlreichen in dieser Richtung gemachten Versuche, bei denen der Teig (50 g Roggenmehl + 25 ccm Wasser) in verschiedenen Proportionen bald mit Bimsstein, bald mit Glasperlen vermengt wurde, haben keine ermunternden Resultate ergeben. Der Teig wurde in Scheiben geschnitten, mit Bimssteinzwischenschichten versehen (das Ganze war mit einer Hülle aus Gaze umgeben) und in den Extraktionsapparat gebracht, auf dessen Boden gröfsere Bimssteinstückchen lagen, damit die Öffnung unten frei bliebe; dann wurde aus der Marioteschen Flasche destilliertes Wasser tropfenweise ausfliefsen gelassen, und auf diese Weise erreicht, innerhalb 8—9 Stunden durch den Teig 1 l Flüssigkeit zu leiten.

Die dabei gewonnenen Resultate sind aus folgendem zu ersehen:

Auszüge mit der Marioteschen Flasche:

Verteilung der Säure auf Auszug und Rückstand. Direkt titriert und auf Normalnatron berechnet:

| | Im wässerigen Auszug | Im Rückstand | % extrahierte Säure |
|---|---|---|---|
| I. 50 g Roggenmehl + 25 ccm Wasser (Bimsstein) | 0,96 | 4,2 | 20 |
| II. 50 » » » 25 » » | 1,4 | 3,8 | 25 |
| III. 50 » » » 25 » Wasser (Glasperlen) | 1,3 | 4,1 | 24 |

1) Prof. Dr. Lehmann, Hygienische Untersuchungen über Mehl und Brot. X. Archiv f. Hygiene, Bd. XLIV, S. 222.

Da die von mir erzielten Resultate keineswegs als befriedigende betrachtet werden konnten, sah ich mich veranlafst, nach einer anderen Methode zur Extrahierung der Bestandteile, welche die Gesamtsäure bilden, mittels Wassers zu suchen. Nach einer Reihe von mifslungenen Versuchen wurde beschlossen, zum Auskneten des Teiges unter Wasser zu greifen. Es wurden 3—4 Portionen Teig (aus je 50 g Roggenmehl + 25 ccm Wasser) hergestellt; in 2 Portionen wurden die Gesamtsäure mittels direkten Titrierens bestimmt; die dritte Portion wurde in ein beutelförmiges Stück Rohnessel gehüllt, das in Sodalösung zuvor ausgekocht und dann vollkommen ausgewaschen war. Der Teig wurde samt dem ihn bedeckenden Teil des Stoffes in eine mit 200 ccm destillierten Wassers gefüllte Porzellanschale versenkt und dann 3 Minuten lang unter Wasser sanft geknetet; hierauf wurde die Flüssigkeit in einen Mefszylinder gegossen. In derselben Weise wurde mit den übrigen vier Wasserportionen verfahren. Das ganze Verfahren nahm 15—20 Minuten Zeit in Anspruch. Die dabei gewonnenen recht befriedigenden Resultate sind aus folgender Zusammenstellung zu ersehen:

Bei dem Auskneten:

| | Im wässerigen Auszug | Im Rückstand | % der extrahiert. Ges.-Säure |
|---|---|---|---|
| I. 50 g Roggenmehl + 25 ccm Wasser extrahiert m. 1 l Wasser | 3,9 | 1,4 | 74 |
| II. 50 » » » 25 » » » | 4,1 | 1,2 | 76 |
| III. 50 » » » 25 » » » | 4,1 | 1,28 | 76 |
| | | | ca. 75% |

Von der auf diese Weise gewonnenen Flüssigkeit wurde 1 l im Mefszylinder direkt in Eis (nicht in den Eisschrank) für die Dauer von 14—15 Stunden gebracht, während welcher Zeit sich die Stärke auf den Boden des Gefäfses in einer Volumsquantität von 70—80‰ niederschlug; die klar gewordene Flüssigkeit wurde hierauf mittels Pipette abgehoben oder mittels Heber abgezogen und analysiert. Behufs Analyse wurde die gewonnene sauer reagierende Flüssigkeit in Portionen in einen grofsen Destillierkolben, in welchen Kapillarröhrchen aus Glas (Sideröhrchen)

versenkt wurden, im Baboschen Blech aufs Gas gebracht und im Vakuum destilliert. Von der ersten Portion (200 ccm) wurde die Hälfte des Destillats zur qualitativen Analyse verwendet; die Flüssigkeit wurde mit kohlensaurem Natron neutralisiert und den Reaktionen auf flüchtige Säuren ($C_2H_4O_2$ und $CH_2O_2$) unterzogen. Die mehrfach ausgeführten Untersuchungen des ohne Zusatz gegorenen Teiges (50 g Roggenmehl + 25 ccm Wasser nach 12 stündigem Stehen im Brutschrank bei 37 ° C) ergaben im Destillat nur die Anwesenheit von Essigsäure; Ameisensäure ($CH_2O_2$) fand sich nicht ein einziges Mal vor. In anderen Fällen bestimmte ich quantitativ die flüchtigen und nichtflüchtigen Säuren. Ich destillierte 1 l Extrakt bis auf 200 ccm ab; die Säure im Destillat betrachtete ich als Essigsäure. Den Rückstand schüttelte ich mehrmals mit wasserfreiem Äther aus, bis neue Portionen nur noch Säurespuren aufnahmen. Den Säuregehalt des Äthers bezog ich auf Milchsäure, die übrigbleibende Azidität des Rückstandes betrachtete ich als durch saures Phosphat bedingt.

Die in dieser Weise erhobenen Werte betrugen:

Essigsäure ($C_2H_4O_2$) = 50,8 %.
Milchsäure ($C_3H_6O_3$) = 25,3 %.
Saure Phosphate ($KH_2PO_4$) = 22,6 %.

### III. Azidität des Brotes.

»Die Säuren des Brotes« sagt Maurizio[2]) »werden während der Teiggärung gebildet. »Der Backprozefs verringert die Azidität des Teiges. Um festzustellen, wie viel von der Gesamtteigsäure im Brot noch vorhanden ist, verfertigte ich Teige, von dem ein gleicher Teil zur Bestimmung der Azidität verwendet, während aus dem anderen gleichem Teile Brot gebacken wurde, in welchem letzteren dann die Azidität nach der allgemein akzeptierten Methode von Lehmann bestimmt wurde.[3]) In der Mehr-

1) Prof. Lehmann fand Arch. f. Hyg., XLIV, 219 ganz entsprechend meinen Ermittelungen, dafs die flüchtigen Säuren meist doppelt so reichlich waren als die Menge der nichtflüchtigen ätherlöslichen Säure.

2) Maurizio, a. a. O., S. 274.

3) Prof. Lehmann, Die Methoden der praktischen Hygiene, S. 427.

zahl der Fälle wurde jedoch der Teig aus den Bäckereien genommen, wobei ich selbst von dem Brotleib 1/4 abschnitt, bevor dasselbe in den Ofen gesetzt wurde. In diesem aus den Bäckereien geholten Teige, sowie in dem aus demselben gebackenen Brot wurde in gleichem Teiggewicht die Azidität bestimmt. Die gewonnenen Resultate sind aus folgender Tabelle zu ersehen:

Tabelle IV.

| | Dauer der Gärung in Stunden | In gleichem Teiggewicht | | Quantität der aus dem Teig in das Brot übergegangenen Gesamtsäure in % | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Azidität des Teiges | Azidität des Brotes | | |
| | | **Roggenbrot.** | | | |
| 1. | 6 | 5,6 | 2,2 | 39,2 % | * |
| 2. | — | 5,9 | 2,0 | 33,9 » | * |
| 3. | 5—7 | 10,0 | 8,2 | 82 » | |
| 4. | — | 8,6 | 6,2 | 72 » | |
| 5. | — | 8,7 | 6,5 | 74,7 » | |
| 6. | — | 8,4 | 6,2 | 73,8 » | * |
| 7. | — | 9,5 | 7,6 | 80 » | * Schlecht ausgebacken, ungenießbar. |
| 8. | 48 | 27,6 | 24,0 | 86,9 » | |
| | | 84,3 | 62,9 | 74,61 % | |
| | | **Graubrot.** | | | |
| 9. | 5—7 | 9,6 | 7,5 | 78,1 % | |
| 10. | — | 11,6 | 9,1 | 78,4 » | |
| 11. | — | 10,4 | 6,9 | 66,3 » | |
| 12. | — | 12,2 | 8 | 65,5 » | |
| 13. | — | 12,4 | 8 | 64,5 » | |
| | | 56,2 | 39,5 | 70,28 % | |
| | | **Weizenbrot.** | | | |
| 14. | — | 5,5 | 2,9 | 52,7 % | |
| 15. | — | 5 | 2,8 | 56 » | |
| 16. | — | 4,9 | 3,2 | 65,3 » | |
| 17. | — | 4,2 | 2,7 | 64,2 » | |
| 18. | — | 5 | 2,8 | 56 » | |
| | | 24,6 | 14,4 | 58,5 % | |

Aus den in der vorstehenden Tabelle verzeichneten Werten ersehen wir, dafs beim Backen von Roggenbrot ca. 75 %, beim

*) Bedeutet von mir selbst und nicht in der Bäckerei ausgeführte Ausbackung.

Backen von Graubrot ca. 70% und beim Backen von Weizenbrot ca. 58,5% der Gesamtsäure aus dem Teig in das Brot übergehen.

## IV. Versuche über Säurebildung durch verschiedene Mikroorganismen im sterilen Mehle.

Die Anteilnahme der Mikroorganismen an der Säurebildung in sämtlichen Stadien der Bereitung des Brotes ist durch die Untersuchungen einer ganzen Reihe von Forschern als Tatsache festgestellt und unterliegt heutzutage keinem Zweifel. Prof. Lehmann[1]) sagt: »Alle mit Sauerteig bereiteten Brote sind sauer, und zwar konnte einmal — dies ist noch nicht näher untersucht — die Art des Sauerteiges resp. der darin enthaltenen Bakterien von Einflufs nicht nur auf die Säureart, sondern auch auf die Säuremenge sein.« Um jedoch die Rolle, welche die einzelnen Mikroorganismen in diesem Prozefs unter Ausschlufs jeglicher Konkurrenz spielen, zu ergründen, war es vor allem erwünscht, ein steriles Mehl zu besitzen.

### a) Sterilisierung des Mehles.

Bevor ich das Verfahren beschreibe, dessen ich mich bei der Sterilisierung des Mehles bedient habe, möchte ich mir erlauben, diejenigen Methoden zu schildern, die andere Autoren zu demselben Zwecke verwendet haben.

Peters[2]) gewann steriles Mehl durch trockenes Erhitzen auf 120°, während Wolffin[3]) mit dieser Methode stets negative Resultate erhielt: es zeigte sich nämlich, dafs sporenbildende Bakterienarten die Hitze überstanden. Wolffin gebrauchte zur Sterilisierung des Mehles die von Wollny für allerlei organische Stoffe vorgeschlagene Methode, die in Anwendung von Äther besteht. »Indem ich in dieser Weise arbeitete«, sagt Wolffin, »hatte ich in 3—6 Tagen stets mit Äther überschichtetes Mehl

1) Lehmann, Hygienische Untersuchungen über Mehl und Brot. X. Archiv f. Hygiene, Bd. XLIV, S. 405.

2) Peters, Die Organismen des Sauerteigs und ihre Bedeutung für die Brotgärung. Botan. Zeitung, 1889, Nr. 25 u. ff.

3) Wolffin, Bakteriologische und chemische Untersuchungen über Sauerteiggärung. Inaug.-Dissert., 1894, S. 40.

steril.« Holliger[1]) hat unter solchen Bedingungen gleichfalls stets steriles Mehl gewinnen können. Dagegen hat Budinoff[2]) Roggenmehl, selbst wenn er es 14 Tage unter Äther hielt, nicht steril machen können. Indem er das Mehl ½ Stunde lang im Autoklaven einem Druck von 2 Atmosphären aussetzte, gewann zwar Budinoff steriles Mehl, es trat aber dabei eine Veränderung der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Mehles ein, und zwar derart, dafs die Mikroorganismen des Sauerteigs, in dieses Mehl hineingebracht, sich nicht entwickelten. Worin die physikalischen und chemischen Veränderungen des Mehles, welche bei der Sterilisierung eintraten, bestanden, sagt Budinoff in seiner Arbeit nicht. Spieckermann und Bremer[3]) bringen folgende, ziemlich komplizierte Methode zur Sterilisierung des Mehles in Vorschlag: »Höchstens 500 g Mehl werden in ein Tuch gewickelt, in einem grofsen Autoklaven in möglichst dünner Schicht ½ Stunde lang bei 122° gehalten. Dann wurde das zu einem Kuchen zusammenbackende Mehl im Mörser aufs feinste gepulvert und in derselben Weise nochmals ½ Stunde lang sterilisiert. Nach dieser Zeit war es leicht gebräunt und völlig krümelig. Nach Zusatz der erforderlichen Wassermenge wurde es dann in Portionen von 500—600 g in die Reinkulturgefäfse gewogen und nochmals ½ Stunde lang im strömenden Wasserdampf sterilisiert.« Dieses Sterilisationsverfahren bringt, wie die Autoren versichern[4]), gröfsere chemische Veränderungen, wie es die Analyse zeigte, nicht hervor.

Um steriles Roggenmehl zu gewinnen, sterilisierte ich zuerst das Mehl mittels Äthers nach der Methode von Wollny. Die ersten beiden Mehlproben habe ich zehn Tage nach dem Überschichten derselben mit Äther genommen. Nach Destillation und

1) Holliger, Bakteriologische Untersuchungen über Mehlteiggärung Centralbl. f. Bakt., 1902, S. 410. (Sterilität nach 6 Tagen).

2) Budinoff, Die Mikroorganismen der Schwarzbrotgärung. Centralbl. f. Bakt., II. Abt., Nr. 14/15, S. 458.

3) Spieckermann und Bremer, Landwirtsch. Jahrbücher, 1902, Bd. XXXI, H. 1, S. 109 u. ff. Untersuchungen über die Veränderungen von Futter und Nahrungsmitteln.

4) Spieckermann und Bremer, a. a. O., S. 110.

vollständiger Entfernung des Äthers wurden Gelatineplatten ausgegossen und eine Überimpfung des Mehles auf Bouillon gemacht; es stellte sich dabei heraus, dafs das Mehl noch nicht steril war. Als ich nach 14 und 16 Tagen das unter Äther gehaltene Mehl wieder untersuchte, erwies sich das letztere wiederum als nicht steril. Im letzteren Falle fand man auf den Ausstrichpräparaten sporenhaltige Bazillen in Reinkultur. Nach 46 Tagen, seit Beginn der Sterilisation, wurde das ununterbrochen unter Äther gehaltene Mehl wiederum auf Sterilität untersucht, und auch diesmal ergab die Untersuchung ein negatives Resultat: es wurde derselbe Bazillus isoliert. Auf die biologischen Eigenschaften dieses Bazillus komme ich im nachstehenden noch ausführlich zurück. Nachdem ich den Versuch, das Mehl mittels Äther zu sterilisieren, als gescheitert ansehen mufste, schritt ich zur Sterilisation des Mehles durch trockene Hitze im Autoklaven. Ich stellte in den Autoklaven Erlenmeyersche Kolben mit je 50 g Roggenmehl, steigerte den Druck im Autoklaven bis $3^1/_2$ Atmosphären (139°) und liefs diesen Druck auf das Mehl drei Minuten lang einwirken, worauf die Gasflamme gelöscht und der Druck durch Öffnung des Schutzventils bis auf eine Atmosphäre herabgesetzt wurde. Als nun das Mehl nach Abkühlung des Autoklaven aus demselben herausgeholt wurde, erwies es sich bei der Prüfung stets als steril. Der ganze Sterilisationsprozefs spielt sich somit in $1^1/_2$—2 Stunden vollständig ab. Nach der Sterilisierung wird das Mehl leicht bräunlich, kompakter, nahm aber nach mehrmaligem gründlichem Schütteln in dem Kolben sein früheres Ansehen an, wenn es auch etwas dunkel blieb.

Wegen der leichten Veränderungen der Farbe des Mehles bei dessen Sterilisation im Autoklaven bestimmte ich die Zuckerquantität berechnet als Dextrose vor und nach der Sterilisation, d. h. die Veränderung der Zuckerquantität, welche im Mehl unter dem Einflusse des überhitzten Dampfes stattfindet. Die bezüglichen Resultate sind aus Tabelle V (S. 110) zu ersehen.

Aus den Werten, die in der nachstehenden Tabelle enthalten sind, tritt in der Tat eine gewisse Zunahme der Zuckerquantität im Mehle unter dem Einflusse der Hitze deutlich hervor.

Tabelle V.
**Zuckergehalt.**

| Roggenmehl | | Mittelwert von König[1]), berechnet als Traubenzucker | Aus dem $Cu_2O$ auf Traubenzucker berechnet. (Jodometrisch nach Lehmann) |
|---|---|---|---|
| Mehl in der natürlichen Substanz . . . . | | 3,89 | 3,81 |
| In der Trockensubstanz . . . . . . . . | | 4,51 | 4,48 |
| Nach Sterilisierung bei 3½ Atm. | auf Trockensubstanz | — | 4,99 |
| 6 Atmosphären . . . . . . | | — | 7,6 |

Wenn ich nun meine eigenen Experimente mit der Sterilisierung von Mehl, sowie auch diejenigen meiner Vorgänger (Peters, Wolffin, Holliger, Budinoff, Spieckermann und Bremer) nochmals überblicke, so glaube ich den Schlufs ziehen zu können, dafs auf die zu erzielenden Resultate aufser dem Sterilisationsverfahren selbst vor allem die Beschaffenheit des Mehles, resp. ein Sporengehalt desselben, den gröfsten Einflufs ausübt.

Die Wollnysche Methode hat sich bei meinen Versuchen als vollständig unwirksam erwiesen.

**b) Über die zur Impfung des sterilen Mehles verwendeten Mikroorganismen.**

Die Mikroorganismen, welche ich zu dem sterilen Mehle hinzusetzte, waren: Sieben Bazillenarten, welche Dr. Levy aus Sauerteig isoliert und mir in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt hat, ferner Bacterium coli, aus menschlichen Fäces isoliert, und ein sporentragender Bazillus, den ich aus Mehl, welches unter Äther gehalten wurde, isoliert habe. Auf die mir von Dr. Levy zur Verfügung gestellten Bazillen (levans II, levans IX, gelber Säurebildner V, gelber Säurebildner VI, gelber Gasbildner III, gelber Gasbildner IV, gelber Gasbildner VI) möchte ich nicht näher eingehen, weil sie in seiner Arbeit von ihm selbst ausführlich beschrieben sind.[2])

1) Nach Prof. Lehmanns Methoden der prakt. Hygiene. Tabelle IX, S. 667.

2) Dr. Fritz Levy, Beiträge zur Bakteriologie der Mehlteiggärung. Archiv f. Hygiene, Bd. XLIX.

Hier möchte ich nur mit einigen Worten auf den sporentragenden Bazillus eintreten, den ich aus dem Mehle, welches zum Zwecke der Sterilisation unter Äther gehalten wurde, isoliert habe. Diesen sporentragenden Bazillus, den ich aus den Mehlproben, welche 16 bzw. 46 Tage unter Äther gelegen haben, in Reinkultur isoliert habe, glaubte ich als zu der Bacillus subtilis-Gruppe gehörig betrachten zu können, wenn ich auch nicht in der Lage war, denselben mit einer der bekannten Arten genau zu identifizieren. Die von mir isolierten Bazillen stellen 2—5 $\mu$ lange Stäbchen dar, welche bald kettenartig, bald — häufiger — zu zwei oder zu drei aneinander liegen. Ihre Eigenschaften sind: lebhafte Eigenbewegung, endogene, hellglänzende Sporen; sie färben sich leicht mit den gebräuchlichen Farblösungen; Gram positiv. Auf Bouillon bilden sie ein oberflächliches Häutchen, wobei die Bouillon selbst klar bleibt. Auf Gelatineplatten bilden sie kleine, gelbliche, durchsichtige Kolonien, die am dritten Tage die Gelatine verflüssigen. Im Gelatinestich vom dritten Tage strumpfförmige Verflüssigung. Auf dem schräg erstarrten Agar bildet der Bazillus Kolonien in Form eines trockenen grau-weifsen Rasens. Auf den Kartoffeln anfänglich ein schleimiger Belag, welcher nach 2—3 Tagen in eine grau-weifse, faltige, über die ganze Kartoffel ausgebreitete Auflagerung übergeht. Der Bazillus koaguliert Milch, wobei die Azidität der Milch (Untersuchung nach drei Tagen) 4,2% beträgt. Keine Gasbildung, keine Indolreaktion. Wächst in hoher Schicht (fakultativer Anaerobe). Wächst nicht auf saurem Agar. Nach allen diesen Eigentümlichkeiten steht der von mir isolierte Bazillus dem Bacillus mesentericus panis viscosi II[1]) und dem von Budinoff[2]) isolierten Bazillus am nächsten. Von dem ersteren unterscheidet er sich jedoch dadurch, dafs er auf sauren Nährböden nicht wächst (Versuche mit saurem Agar negativ), ferner dadurch, dafs er Säure und nicht Alkali bildet (Bacillus mesentericus panis viscosi II gibt auf Lackmusbouillon eine schwache Alkali-

1) **Vogel**, Zeitschr. f. Hygiene, Bd. XXVI, S. 398.

2) **Budinoff**, a. a. O., S. 458.

bildung)[1]), und schliefslich dadurch, dafs er kein fadenziehendes Brot gibt. Ob sich der von mir isolierte Bazillus von demjenigen unterscheidet, den Budinoff isoliert hat, vermag ich in Anbetracht der Kürze und Knappheit der von Budinoff angeführten Unterscheidungsmerkmale nicht zu sagen.

Hefepilze habe ich aus käuflicher Prefshefe isoliert: Ein stecknadelkopfgrofses Stück Hefe wurde in 10 ccm sterilen Wassers zerrieben und aus diesem Brei zwei Ösen in sterile Bierwürze übertragen. Hiervon wurden Bierwürzengelatineplatten (5%) ausgegossen, von denen nach sieben Tagen nach vorheriger mikroskopischer Untersuchung eine Kolonie auf Bierwürzenagar (schräg erstarrtem) überimpft wurde. Die Hefepilze stellten ovale Zellen dar, weiter habe ich sie nicht untersucht.

### c) Säurebildung der Mikroorganismen.

Um die Bedeutung der einzelnen Mikroorganismen für die Säurebildung des Teiges zu ergründen, setzte ich zu sterilisiertem Mehl (50 g) 100 ccm steriles Wasser + Aufschwemmung einer Strichagarkultur in 10 ccm steriler neutraler Bouillon hinzu. Das Mehl wurde behufs Beseitigung der Krümel vor der Hinzufügung des Wassers in dem Kolben kräftig geschüttelt. Nun wurden die Kulturaufschwemmung und 50 ccm steriles Wasser hinzugesetzt, das Mehl mit dem Wasser wieder kräftig geschüttelt und nach Zusatz von weiteren 50 ccm sterilen Wassers alles durch Schütteln vermengt, worauf die Kolben mit dem Teig in den Brutschrank bei 37° für eine gewisse Zeit gebracht wurden. Die dabei erzielten Resultate sind aus der Tabelle VI (S. 113) zu ersehen.

Aus der Tabelle VI ergibt sich folgendes:

1. In bezug auf die gebildete Säuremenge unterscheiden sich die von mir untersuchten Sauerteigmikroorganismen in den natürlichen Verhältnissen, d. h. im Nährboden, von dem sie gezüchtet worden sind, nicht scharf voneinander, die Säurebildung war jedesmal bescheiden.
2. Der Befund stimmt in jeder Richtung mit demjenigen Levys auf Zuckerbouillon.

1) Zeitschr. f. Hygiene, Bd. XXVI, S. 404.

3. Durch Zusatz von Hefe zu nichtsterilem (lit. o) wie zu sterilem Mehl (lit. p und m) steigerte sich bei der Gärung die Azidität im Vergleich zu dem gleichen Nährboden ohne Hefe. (Die aus der Mischung des Mehles mit dem sporentragenden Bazillus + Hefe angefertigten mikroskopischen Präparate zeigten nach 7 Stunden das Vorhandensein von Hefezellen sowohl, wie auch von Bazillen, wobei letztere zahlreicher vertreten waren. Nach 20 Stunden seit Beginn der Gärung fand man fast ausschliefslich Stäbchen allein und nur eine einzige Hefezelle.) Um letzteren Umstand, d. h. die Steigerung der Azidität des Teiges, welche bei Gärung unter Hefezusatz stattfindet, zu erklären, wurden Kontrollexperimente ausgeführt, deren Ergebnis aus Tabelle VII hervorgeht.

Tabelle VI.

| 50 g steriles Mehl u. 100 ccm ster. Wasser bei 37° C; dann wurden vor d. Titrieren noch 100 ccm steril. Wasser hinzugesetzt | | Berechnet auf 100 g Mehl in Normalnatron | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | Symbiose | | | | |
| | | Steriles Mehl u. steriles Wasser | B. coli comm. | Levans II | Levans IX | Sporentragend. Bazillus[1]) | Gelber Säurebildner V | Gelber Säurebildner VI | Gelber Gasbildner III | Gelber Gasbildner IV | Gelber Gasbildner VI | Sporentrag. Bazillus[1]) u. Levans | Sporentrag. Bazillus[1]) und Hefe | Nichtsteriles Mehl u. nichtsteriles Wasser | Nichtsteriles Mehl u. Hefe u. nichtsteriles Wasser | Steriles Mehl und steriles Wasser u. Hefe |
| | | a | b | c | d | e | f | g. | h | i | k | l | m | n | o | p |
| Nach 7 Std. | I | 5,6 | 7,8 | 7,8 | 7,2 | 8,4 | 7,8 | 7,4 | 8,2 | 7,2 | 8,0 | 9,5 | 10,8 | 9,4 | 14,6 | 8,4 |
| | II | 5,7 | 8 | 8 | 7,2 | 8,6 | 8,0 | 7,6 | 8,4 | 7,6 | 8,2 | 9,6 | 11,0 | 9,2 | 15,2 | 8,6 |
| 20 Std. | I | 5,7 | 8,4 | 10,8 | 8,2 | 11,2 | 9,2 | 9,0 | 9,2 | 8,2 | 9,2 | 14,6 | 14,8 | 52,8 | 55,4 | 9,6 |
| | II | 5,7 | 8,6 | 11,0 | 8,2 | 11,4 | 9,2 | 9,2 | 9,2 | 8,4 | 9,4 | 14,6 | 14,2 | 53,2 | 55,6 | 10 |

Tabelle VII.

| 50 g steriles Mehl und 100 ccm steriles Wasser bei 37° C; dann wurden vor dem Titrieren noch 100 ccm steriles Wasser hinzugesetzt | | Berechnet auf 100 g Mehl in Normalnatron | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Steriles Mehl und steriles Wasser | Steril. Mehl und steriles Wasser und Hefe | Levans IX | Levans IX und Hefe | Sporentragender Bazillus | Sporentrag. Bazillus und Hefe | Nichtsteril. Mehl und nichtsteril. Wasser | Nichtsteril. Mehl und nichtsteril. Wasser und Hefe |
| | | a | b | c | d | e | f | g | h |
| Nach 7 Std. | I | 5,6 | 9,3 | 8,2 | 10,9 | 8,1 | 9,5 | 11,2 | 17,5 |
| | II | 5,7 | 9,3 | 8,5 | 10,9 | 8,3 | 9,7 | 11,6 | 17,8 |

1) Sporogener Bazillus, den ich aus dem Mehl, welches 46 Tage unter Äther gestanden hat, isoliert habe.

Vorstehende Befunde bestätigen wiederum, dafs in den Nährmedien nach Zusatz von Hefe zu denselben eine gewisse Steigerung der Säurebildung stattfindet. Auf den mikroskopischen Präparaten — lit. d (levans IX Hefe) — fand man Stäbchen und Hefezellen, wobei letztere bedeutend zahlreicher vertreten waren[1]); in den Präparaten lit. f (sporentragender Bazillus + Hefe) waren Stäbchen zahlreicher vertreten, wenn auch die Zahl der Hefezellen keine geringe war.

Die etwas gesteigerte Azidität, welche bei Gärung von sterilem Mehl mit Hefezusatz (lit. b, Tabelle VII) hervortrat, drängte die Frage in den Vordergrund, ob unter den angegebenen Verhältnissen, d. h. nach 7 Stunden bei 37° C unsere Hefezellen ihre Lebensfähigkeit behalten. Es wurde wiederum eine Reihe von Experimenten vorgenommen, und zwar diesmal in folgender Weise: Zu sterilem Mehl und gewöhnlichem, nichtsterilem Mehl wurde Hefe sowohl in einer Quantität einer ganzen Strichbierwürzeagarkultur in 10 ccm sterilen Wassers, sowie in der Quantität einer Platinöse in 5 ccm sterilen Wassers aufgeschwemmt, worauf alles für die Dauer von 7 Stunden in den Brutschrank bei 37° C gebracht wurde. Das Ergebnis dieser Experimente geht aus folgender Tabelle hervor:

Tabelle VIII.

| | | Berechnet auf 100 g Mehl und Normalnatron | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 g steriles Mehl und 100 ccm steriles Wasser | Steriles Mehl und steriles Wasser und Hefekultur | Steriles Mehl und steriles Wasser und 1 Öse Hefe | Nichtsteril. Mehl und nichtsteril. Wasser | **Nichtsteril. Mehl und nichtsteril. Wasser und Hefekultur** | **Nichtsteril. Mehl und nichtsteril. Wasser und 1 Öse Hefe** |
| | | a | b | c | d | e | f |
| Nach 7 Std. | I | 5,5 | 9 | 6,3 | 12,6 | **18,4** | **14,0** |
| bei 37° C | II | 5,7 | 9,3 | 6,3 | 12,9 | **18,8** | **14,2** |

Der Hefezusatz ist wiederum auf die Steigerung der Azidität von Einflufs gewesen.

1) Das hier hervorgehobene Vorwiegen der Hefezellen bei Gärung des Mehles, auf welches Levans und Hefe überimpft waren, stimmt vollständig mit den Resultaten der Experimente Wolffins überein. Bakteriol. u chem. Untersuchungen über Sauerteiggärung, S. 39.

Aus der Mischung von sterilem Mehl + sterilem Wasser + Hefe ist eine Ose auf Bierwürzegelatine (5%) überimpft worden, von wo 2 Ösen auf eine weitere Portion überimpft und dann Platten ausgegossen wurden. Auf sämtlichen 4 Platten entwickelten sich nach drei Tagen bei Zimmertemperatur Hefekolonien, und zwar: auf den Platten $\alpha$: I. 3920; II. 4122; auf den Platten $\beta$: I. 17; II. 19. Die Platten wurden makroskopisch gezählt. Die aus der Mischung von sterilem Mehl + sterilem Wasser + eine Öse Hefe, sowie aus nichtsterilem Mehl + nichtsterilem Wasser + eine Öse Hefe angefertigten mikroskopischen Präparate zeigten das Vorhandensein von Hefezellen.

Auf Grund der Tatsache, dafs die Hefe ihre Lebensfähigkeit behalten hat, nachdem der Teig 7 Stunden lang bei 37° C gestanden hat, glaube ich annehmen zu können, dafs die Steigerung der Azidität des Teiges eben auf die Tätigkeit der Hefe zurückgeführt werden kann.

Aus den vorstehenden Ausführungen glaube ich folgende Schlüsse ziehen zu können:

1. In den von mir untersuchten Mehlproben betrug die Gesamt-Azidität für Roggenmehl 0,36—0,52, für Weizenmehl 0,23—0,4%, auf Trockensubstanz und Milchsäure (Indikator Phenolphthalein) berechnet.
2. Meine Werte sind höher als die von Scherpe — letzterer hat blofs die wässerigen Auszüge — ich habe das mit Wasser angemischte Mehl titriert. Es wird sich zeigen, ob nicht für praktische Zwecke die einfachere direkte Titrierung ausreicht.
3. Die Azidität des Teiges wird, von der Dauer der Gärung und der Temperatur abgesehen, auch von der Quantität des bei der Bereitung des Teiges zum Mehl hinzugefügten Wassers, d. h. von der Konzentration des Teiges beeinflufst.
4. Durch Auskneten des Teiges mit Wasser läfst sich leicht ca. 75% der Gesamtazidität des Teiges im wässerigen Auszug gewinnen.

5. Bei quantitativer Analyse des beim Auskneten des Teiges gewonnenen Wasserauszuges fand man im Auszug Essigsäure ($C_2H_4O_2$) 50,8 %, Milchsäure ($C_3H_6O_3$) 25,3 % und saure Phosphate 22,6 %. An der Hand dieser Zahlen kann man sich einen gewissen Begriff von den Säuren des Teiges und deren Wechselbeziehungen machen.
6. Ameisensäure ($CH_2O_2$) habe ich im Wasserauszug trotz wiederholter Untersuchungen nicht nachweisen können.
7. Beim Backen von Roggenbrot gehen ca. 75 %, beim Backen von Graubrot ca. 70 % und beim Backen von Weifsbrot ca. 58,5 % der Gesamtsäure aus dem Teig in das Brot über.
8. Bei meinen Versuchen zur Sterilisierung von Mehl hat sich wegen Anwesenheit sehr resistenter Sporen die Wollnysche Sterilisationsmethode mit Äther als vollständig unwirksam erwiesen.
9. Die von mir untersuchten Bakterien aus Sauerteig (Angehörige der Koligruppe und eine sporentragende Art) erwiesen sich als schwache Säurebildner von untereinander ziemlich ähnlicher Wirkung.
10. Der Befund stimmt mit demjenigen Levys überein und bestätigt den von diesem Autor in bezug auf die ermittelte Säuremenge im artifiziellen Nährboden (in der Zuckerbouillon) ermittelten Befund. Weiter geht aus dem Gefundenen hervor, dafs Holliger und Levy recht haben, wenn sie in anderen als koliartigen Organismen die wichtigsten Säureerreger im Teig sehen.
11. Durch Zusatz von Hefe zu gewöhnlichem, nichtsterilem, wie auch zu sterilem Mehl mit überimpften Mikroorganismen und ohne dieselben wurde in allen von mir untersuchten Fällen die Azidität des Teiges etwas gesteigert.
12. Hefe, die ich aus der käuflichen Prefshefe isoliert habe, hat, nachdem sie auf steriles Mehl übertragen war, ihre vollständige Lebensfähigkeit im Teig, nachdem derselbe 7 Stunden lang bei einer Temperatur von 37° C gestanden hat, behalten.

13. Auf Grund der Tatsache, dafs die Hefe ihre Lebensfähigkeit behalten hat, nachdem der Teig 7 Stunden lang bei 37° C gestanden hat, glaube ich annehmen zu können, dafs die Steigerung der Azidität des Teiges in diesem Falle eben auf die Tätigkeit der Hefe zurückgeführt werden mufs. Alle diese Angaben beziehen sich nur auf einen Hefestamm.
14. Zur weiteren Erkenntnis des biologischen Prozesses der Säurebildung im Brotteig sind weitere Forschungen im hygienischen Institut in Würzburg im Gang, wobei namentlich die starken Säurebildner studiert werden.

Zum Schlufs ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. K. B. Lehmann sowohl für die Überweisung des Themas und die Anregung zu der Arbeit, wie auch für seine fortgesetzte, liebenswürdige Unterstützung, die er mir während meiner ganzen Arbeit mit Aufwand von Zeit und Mühe hat zuteil werden lassen, an dieser Stelle meinen ergebensten und tiefgefühlten Dank zu sagen.

# Entstehen bei der Fäulnis flüchtige Phosphorverbindungen?

Von

Prof. **Ch. Yokote** aus Tokio.

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

Die Untersuchungen, über die ich im letzten Heft dieses Archivs berichtet habe, beweisen eine ganz aufserordentlich starke Giftigkeit des $PH_3$. Es scheint daher von Interesse, die Angaben der Literatur, welche ein Vorkommen von $PH_3$ in den Fäulnisgasen behaupten, einer kritischen Nachprüfung zu unterziehen, da, wenn diese Untersuchungen für das Vorkommen von $PH_3$ als Fäulnisprodukt beweisend befunden würden, sich nicht unwichtige hygienische Schlüsse daraus ergäben. Die ältesten Angaben über bei Fäulnis entstandene, flüchtige Phosphorverbindungen stammen von Selmi[1]). Derselbe gab an, dafs sich bei der Zersetzung des Gehirns und anderer Organe des normalen Tieres flüchtige Phosphorverbindungen bildeten, die im Wasserdampfstrom überdestilliert werden können. Die Resultate von Selmi sind von einigen Autoren, wenigstens teilweise, bestätigt worden. So fand Poleck[2]) wenigstens bei der Zersetzung des Gehirns eine geringe Menge flüchtiger Phosphorverbindungen, dagegen nicht bei andern Organen. In neuerer Zeit behauptet

1) Atti della reale accad. dei Lincei, 1875—1876.

2) Archiv d. Pharm., 1887, Bd. 25, S. 205.

Kreps[1]), dafs aus faulendem Gehirn flüchtige Phosphorverbindungen zu erhalten seien, die Silbernitratlösung schwärzen, und in denen Phosphor direkt nachgewiesen werden könne. Auch bestätigte er die alte Angabe, dafs Natriumphosphat in faulenden Substanzen reduziert werde.

Die ausführlichste, mir zugänglichste Arbeit mit positivem Resultat ist die von Stich[2]), welcher zwar aus faulendem Pepton, Kasein, Nutrose, Nuklein, Protein, Lecithin und Protagon keine flüchtigen Phosphorverbindungen erhielt, dagegen mehrfach positive Resultate erzielte, als er mit Soda versetzte Schleien, Pankreas, Menschengehirn und Kartoffeln bei 37° der Fäulnis überliefs. Seine Nachweismethode war die, dafs er die Gase in Silbernitratlösung, Bromwasser oder rauchender Salpetersäure auffing und den Phosphor schliefslich als Phosphorsäure nachwies.

Ungefähr gleichzeitig mit Stich hat Marpmann[3]) in einer kurzen Mitteilung als etwas ganz Selbstverständliches und Allbekanntes hingestellt, dafs bei Fischfäulnis nicht selten ein Knoblauchgeruch durch Entstehen von $PH_3$ beobachtet wird, auch hat er in faulendem Käse durch Schwärzung von Silberpapier mehrmals $PH_3$ nachgewiesen. Natürlich hielt er nur solche Versuche für beweisend, bei denen ein gleichzeitig angewendetes Bleipapier sich nicht dunkel färbte. Er stellte die Sache so dar, als ob bei Vergiftungen durch faulende Nahrung der $PH_3$ eine wichtige Ursache der beobachteten Störungen darstelle.

Im Gegensatz zu diesen positiven Angaben ist auch eine grofse Reihe negativer in der Literatur vorhanden. Ein absolut negatives Resultat erhielten bei der Nachprüfung der Selmischen Behauptungen Fresenius und Neubauer[4]). Auch eine Reduktion von Phosphorsäure durch naszierenden Wasserstoff konnten diese Autoren nicht beobachten.

1) Methode d. Phosphornachweises in gerichtl. chem. Fällen und deren kritische Begutachtung. Dissert., St. Petersburg, 1901.

2) Mitteilungen über einige während des Jahres 1898 im analytischen Laboratorium der Krankenhausapotheke zu Leipzig ausgeführte Untersuchungen: Über die Bildung gasförmiger P-Verbindungen bei der Fäulnis.

3) C. f. B. P., II. Abt., Bd. IV, S. 21.

4) Zeitschrift f. analytische Chemie, I, S. 343.

Halasz[1]) erhielt zwar aus den Organen mit Phosphor vergifteter Tiere leicht nach Dusard-Blondlot flüchtige Phosphorverbindungen, dagegen überhaupt nicht aus faulendem Gehirn; gleichgültig ob die Tiere, denen er die Gehirne entnahm, mit Phosphor vergiftet worden waren oder nicht.

Vollständig negativ verliefen die genauen Nachprüfungen von Selmis Angaben durch Hollefreund[2]). Weder bei kurzer noch bei längerer Fäulnis, weder unmittelbar noch bei der Destillation, konnte er aus Hirn, Leber, Fleisch, Eiern, flüchtige Phosphorverbindungen gewinnen.

Die neueste Arbeit von Fischer[3]) ergab ebenfalls ein vollständig negatives Resultat. Fischer hatte sich speziell die Aufgabe gestellt, die Stichschen Resultate nachzuprüfen. Er hatte unter andern auch den interessanten Versuch gemacht, aus phosphorhaltigen Verbindungen mit Penicilium brevicaule $PH_3$ zu entwickeln ohne jeden Erfolg. Und doch ist der verwendete Pilz so aufserordentlich dazu befähigt, $AsH_3$ aus Arsenverbindungen zu bilden.

Bei unbefangener Prüfung dieser Resultate steht jedenfalls soviel fest, dafs, wenn überhaupt im Verlauf von Zersetzungsprozessen eine $PH_3$-Bildung gelegentlich stattfindet, dieser Vorgang jedenfalls nicht in der Regel, ja nicht häufig in einem Grad erfolgen kann, der auch bei Anwendung der empfindlichsten Methoden bemerkbar ist.

Ich bemerke gleich, dafs ich in meinen über ½ Jahr hinaus mit mannigfaltigen Variationen fortgesetzten Versuchen, wobei ich namentlich mit Käse, Hirn und Fisch experimentierte, in der Regel negative Resultate erhielt. In der Mitte der Arbeit erhielt ich einige positive Resultate, welche sich aber bei weiterer Nachforschung als durch gewisse Fehlerquellen verursacht herausstellten. In der Entdeckung dieser Fehlerquellen, glaube ich, liegt ein gewisser Wert meiner Arbeit.

1) Zeitschrift f. anorgan. Chemie, Bd. 26, S. 438.

2) Beiträge zu Ermittelungen des Phosphors bei gerichtl. chem. Untersuchung. Dissert., Erlangen, 1890.

3) Beiträge zum Phosphornachweis. Archiv f. d. ges. Physiologie, Bd. 97, S. 601.

## Erste Versuchsreihe.

Zunächst versuchte ich in ähnlicher Weise, wie dies Marpmann getan hat, $PH_3$ durch gleichzeitige Anwendung von Silber und Bleipapier nachzuweisen, es sollte das Silberpapier schwarz werden, währenddem das Bleipapier unverfärbt blieb. Ich füllte zu diesem Zweck in Kolben von etwa 300 ccm Inhalt je 50 bis 100 g Substanz Limburger Käse, rohe oder gekochte Fische, rohes Fleisch oder gekochte Bohnen. Dazu gab ich etwa 50 ccm Wasser. Die Untersuchung dauerte fast zwei Wochen und wurde jeden Tag wiederholt. Die Kolben standen während der Zeit im Dunkeln in einem auf ca. 20° eingestellten Brutschrank und wurden nur zur Kontrolle ans Licht genommen. Die Silber- und Bleipapierstreifchen klemmte ich in üblicher Weise mittels des Wattepfropfens in dem Glase fest.

### Versuch a.

Limburgerkäse 50 g mit 50 g Wasser. Am 1. und 2. Tage bemerkte man eine gelbe Färbung des Silberpapiers, während das Bleipapier fast ungefärbt blieb. Vom 3. Tage ab trat eine graue Färbung beider Papiere auf, welche nach und nach stärker wurde, so dafs sie später dunkelgrau wurden. Aber eine gelbe Componente blieb immer sichtbar.

### Versuch b.

Rohe Barbe mit Haut und Knochen, 65 g mit 50 g Wasser. Am 1. Tage keine Farbenveränderung an beiden Papieren. Vom 2. Tage ab wurden beide grau, und an dem Silberpapier war eine gelbliche Farbe deutlich nachweisbar.

### Versuch c.

Gekochte Barbe, 55 g (mit Wasser 20 Minuten lang gekocht), mit Haut und Knochen. In den ersten zwei Tagen keine Veränderung an beiden Papieren. Vom 3. Tage an verfärbte sich das Silberpapier gelbgrau und das Bleipapier grau. Die graue Färbung beider Papiere wurde mit jedem Tage stärker.

### Versuch d.

Rohes Rindfleisch 50 g mit 50 g Wasser. Am ersten Tage keine Farbenveränderungen bei beiden Papieren; am 2. wurden beide gleich stark grau. Erst vom 3. Tage an bemerkte man eine gelbe Färbung neben der grauen an dem Silberpapier.

### Versuch e.

Gekochte weifse Bohnen (30 Minuten lang gekocht), 80 g und 50 g Wasser. Am 1. Tage keine Farbenveränderung; am 2. Tage bemerkte man am Silber-

papier eine gelblichgraue und am Bleipapier graue Verfärbung. Nachher war das erstere schwachgelb und das zweite unverändert.

**Versuch f.**

Destilliertes Wasser. In dieser Flasche fand ich niemals eine graue Färbung an dem Bleipapier; aber das Silberpapier war schwach grau verfärbt (höchst wahrscheinlich durch Licht).

In dieser ganzen Versuchsreihe konnte ich nicht einmal das Resultat beobachten, das Marpmann mit seinen knoblauchriechenden, faulenden Substanzen erhalten hat, allerdings kann ich auch nicht behaupten, dafs meine Substanzen knoblauchartig gerochen haben. Viel Mühe habe ich mir gegeben, die hellgelbe Farbe zu erklären, welche das Silberpapier als Anfangsreaktion zeigte. Namentlich habe ich mich bemüht, durch kleinere und gröfsere Mengen von $PH_3$ Silberpapier zu verfärben. Ich erhielt aber niemals eine so zitronengelbe Farbe wie durch die Fäulnisgase. Die Farbe war vielmehr bräunlichgelb oder gelblichbraun bei minimalen $PH_3$ Mengen, grauschwarz bei gröfseren. Ich kann also auch diese Gelbfärbung durchaus nicht als einen Beweis für die Anwesenheit von $PH_3$ ansehen. Das Agens, welches das Silberpapier verfärbte, trat in allen 5 Kolben auf und zwar in einem Stadium, als noch keine Bleipapierverfärbung zu finden war. Ein Versuch mit Azetylen, das, aus Kalziumkarbid hergestellt, immer etwas $PH_3$ enthält, gab ebenfalls keine gelbe sondern eine braunschwarze Verfärbung des Silberpapiers.

## Zweite Versuchsreihe.

Die Kölbchen, die mir zu der ersten Versuchsreihe gedient hatten, versetzte ich am 8. Tag mit etwas Natriumhypophosphit und saugte die Fäulnisgase einige Stunden lang in sehr langsamem Strom durch Silbernitratlösung. Obwohl sich die Silbernitratlösung etwas schwärzte, war es ganz unmöglich, in derselben etwas Phosphor nachzuweisen, als ich dies nach Kochen mit Salpetersäure und Ausfällen des Silbers mit Salzsäure nach der Molybdänmethode versuchte. Auch eine Andeutung, dafs Natriumphosphat bei der Fäulnis reduziert werde, konnte ich nicht erhalten.

## Dritte Versuchsreihe.

In diese Versuchsreihe gehört die Mehrzahl meiner Versuche. Ich verwendete dazu Kolben von ca. 700 cm Inhalt mit den oben genannten fäulnisfähigen Substanzen reichlich beschickt (150 bis 200 g). Die Kolben waren mit doppelt durchbohrten Gummipfropfen verschlossen, standen bei Temperaturen von 22—30°, und täglich wurde zwei- oder dreimal, etwa ½ Stunde lang, Luft in ganz langsamem Strom durch die Kolben durchgesaugt. Die mit etwaigen flüchtigen Phosphorverbindungen beladene Luft passierte hierauf durch Pettenkofersche Röhren mit starkem Bromwasser, nur selten wurden solche Röhren mit Silberlösung verwendet. Man liefs die Kolben einige Tage im Brutschrank, ehe mit der Durchsaugung von Luft begonnen wurde, um die Fäulnis stark eintreten zu lassen. Die Untersuchung des Bromwassers oder der Silbernitratlösung wurde erst vorgenommen, wenn eine Reihe von Tagen hintereinander das Durchsaugen der Luft stattgefunden hatte. Die Untersuchung geschah in der Weise, dafs man das Bromwasser bis zur Farblosigkeit kochte. Hierauf wurde gewöhnlich nochmals nach Zusatz von etwas Salpetersäure weiter erhitzt und etwas Ammonium-Molybdat dazugefügt.

### Versuch a.

Limburgerkäse, 154 g, mit etwas Wasser. Temperatur 22° C; Versuchsdauer 9 Tage und Absorptionsflüssigkeit Silberlösung. Durch kunstgerechte Behandlung bekam ich sehr wenig blafsgelben Molybdän-Niederschlag, welcher durch weitere Behandlung mit Magnesiamischung keinen Niederschlag gab. In diesem Fall untersuchte ich diesen gelben Niederschlag nicht mikroskopisch, konnte daher nicht mit Sicherheit feststellen, dafs es kein phosphor-molybdänsaures Ammoniak ist; doch da ich später öfters blafsgelbe Niederschläge erhielt, in denen keine typischen Kristalle von phosphormolybdänsaurem Ammoniak vorhanden waren, so ist der bei diesem Versuch gefundene blafsgelbe Niederschlag höchstwahrscheinlich kein Phosphorniederschlag gewesen.

### Versuch b.

Limburgerkäse, 200 g, ohne Wasserzusatz. Temperatur 28°—30° C; Absorptionsflüssigkeit Bromwasser. In dem während der ersten 4 Tage sich entwickelnden Gas und auch in dem, welches in den folgenden 20 Tagen sich bildete, fand ich keine Phosphorreaktion.

**Versuch c.**

Rohe Rotaugen, 200 g. Temperatur 28°—30° C; Absorptionsflüssigkeit Bromwasser. In den ersten 5 Tagen und auch in den folgenden 20 Tagen konnte ich keinen Phosphor in dem sich entwickelnden Gas konstatieren.

**Versuch d.**

Roher Weifsfisch, 200 g. Temperatur 28°—30° C; Absorptionsflüssigkeit Bromwasser. Es wurde 6 Tage lang durchgeleitet. Resultat negativ.

**Versuch e.**

Roher Dickkopf, 200 g. Temperatur 28°—30° C; es wurde in Bromwasser eingeleitet. Resultate in den ersten 4 Tagen und in den folgenden 20 Tagen waren beide negativ.

**Versuch f.**

Limburgerkäse, 200 g. Zimmertemperatur (etwa 20° C); Absorptionsmittel Bromwasser und Versuchsdauer 15 Tage. Resultat negativ.

## Vierte Versuchsreihe.

Die negativen Resultate in der dritten Versuchsreihe konnten darin ihre Ursache haben, dafs ich zu kleine Mengen faulender Substanz verwendete. Ich wiederholte deshalb die Versuchsanordnung der dritten Versuchsreihe einigemal unter etwas veränderten Versuchsbedingungen. Es wurden gleich 3—5 kg Versuchsmaterial in eine grofse Flasche gebracht, welche wieder mit einem doppelt durchbohrten Gummistöpsel mit Glasröhren verschlossen war. Die Flasche stand in einem Wasserbad, das man nach Bedürfnis erwärmen konnte. Die Luft, welche durch die Flasche in sehr langsamem Strom durchgesaugt wurde, passierte vor Eintritt in die Flasche ein Gefäfs mit Silberlösung, nach dem Passieren der Flasche drei hintereinander geschaltete Pettenkofersche Röhren mit starkem Bromwasser. Die Luft wurde Tag und Nacht durchgesaugt. Einmal wurde auch Wasserstoff durchgeleitet, um sicher anaerobe Versuchsbedingungen zu haben.

**Versuch a.**

Angewendet: 4660 g Kabeljau. Nach 9 Tagen fand die erste Untersuchung des Bromwassers statt. Ich erhielt hier zum ersten Male unzweifelhaft einen durch die Kristallform charakterisierten Niederschlag von gelbem Phosphorsäure-Ammonium-Molybdat, der sich in 1,2 mg Magnesium-Pyrophosphat verwandeln liefs. In der zweiten Periode von 2 Tagen und in der dritten von 9 Tagen fand ich keinen Phosphor.

**Versuch b.**

Limburgerkäse, 2950 g. Temperatur 20—22°. Im Gas der ersten neun Tage keinen Phosphor, in dem der folgenden 20 Tage war soviel Phosphor vorhanden, dafs ich spärliche, aber typische, durch mikroskopische Betrachtung charakterisierte Kristalle von Phosphorsäure-Ammonium-Molybdat erhielt. Doch war es so wenig, dafs keine Verwandlung in Magnesium-Pyrophosphat vorgenommen wurde.

**Versuch c.**

1830 g Rindshirn. In den ersten zehn Tagen bei 25—27° war kein Phosphor zu finden. In den folgenden 13 Tagen, wo die Temperatur um 30° gehalten wurde, war ebenfalls kein Phosphor da.

Die unregelmäfsigen Resultate legten den Gedanken nahe, dafs von irgend woher Phosphor in das Brom gelange. Natürlich war von Anfang an eine Untersuchung vorgenommen worden, welche zeigte, dafs das Brom von Hause aus keinen Phosphor enthielt. Eine genaue Betrachtung des Apparats ergab nur eine denkbare Fehlerquelle, namentlich die, dafs die Gummischläuche oder Gummistöpsel, wenn sie von Bromwasser oder Bromdampf bespült würden, kleine Phosphormengen abzugeben imstande seien. Es wurden denn auch einige direkte Versuche gemacht, Gummi auf Phosphor zu untersuchen. Leicht liefs sich zeigen, als ich in zwei getrennte Analysen weifsen und roten Gummi mit Natriumkarbonat und Salpeter schmolz, dafs die Asche etwas Phosphorsäure enthielt. Allerdings nur Mengen, die sich etwa um 1—2 mg bewegt haben mögen. Ein andermal tauchte ich ein Stück roten Gummischlauchs drei Tage lang in Bromwasser, wie ich es gewöhnlich verwendete. Auch hierin liefs sich deutlich Phosphorsäure nachweisen.

Ich stellte hierauf nochmals einige Versuche an, bei denen ich frisches Material wieder in erheblichen Mengen verwendete, aber das Bromwasser in Gaswaschflaschen unter Vermeidung von Gummistöpseln anwandte. Die Verbindung der einzelnen Röhren geschah nur durch kürzeste Gummischlauchverbindung.

**Versuch d.**

Limburgerkäse 2000 g. Die faulende Masse stand 10 Tage bei 30°. In dem Fäulnisgas war kein Phosphor nachweisbar.

**Versuch e.**

Mischung von Hecht und Schellfisch 2400 g. Temperatur 28—30°. Obwohl der Versuch 22 Tage fortgesetzt wurde, erhielt ich keine flüchtige Phosphorverbindung. Schliefslich komme ich zu

**Versuch f.**

bei welchem ich nicht Luft, sondern kunstgerecht gereinigten Wasserstoff verwendete. Der Versuch wurde mit 820 g Gehirn, das auf 30° gehalten wurde, 27 Tage fortgesetzt. Das Resultat war absolut negativ. Im Bromwasser war keine Spur von Phosphor nachweisbar.

Ich habe oben einigemal von kleinen Mengen blafsgelben Niederschlags gesprochen. Herr Professor Lehmann machte mich darauf aufmerksam, dafs dies vielleicht ein Kieselsäure-Ammonium-Molybdat sein könnte.

Es gelang mir denn auch, aus 50 g käuflichem Glaspulver, das ich 2—3 Tage in Bromwasser liegen liefs, eine geringe Menge eines blafsgelben undeutlich kristallinischen Niederschlags zu bekommen, der recht wohl identisch gewesen sein kann mit den blafsgelben Niederschlägen, die ich das eine und andere Mal erhielt. Eine Wiederholung des Versuchs mit Glas von einem meiner Untersuchungskolben ergab ein negatives Resultat.

Meine Resultate kann ich kurz in den Satz zusammenfassen: Es ist mir, wenn ich die Verwendung von phosphorhaltigem Gummi vermied, weder bei aerober noch bei anaerober Versuchsanordnung gelungen, aus grofsen Mengen faulender Substanzen, Hirn, Fisch, Käse, auch in langer Zeit, 10—20 Tagen, flüchtige, in Brom absorbierbare Phosphorverbindungen zu erhalten. Auch eine Reduktion von Natrium-Phosphat oder Natrium-Hypophosphit konnte ich nicht beobachten. Als praktisches Ergebnis für die Hygiene folgt daraus: »Es liegt kein Grund vor, zu vermuten, dafs Fäulnisgase durch ihren $PH_3$-Gehalt leicht schädlich wirken können. Natürlich möchte ich nicht behaupten, durch meine Versuche alle positiven Angaben früherer Forscher widerlegt zu haben. Immerhin dürften sie im Zusammenhang mit den zahlreichen negativen Resultaten sorgfältiger Untersucher um so mehr ein Stück zur Klärung der Frage beitragen, als es

mir gelungen ist, wenigstens eine Fehlerquelle für positive Befunde in einem Phosphorgehalt des Gummis zu finden und eine zweite Fehlerquelle in der Verwechslung von Kieselsäure-Ammonium-Molybdat mit Phosphorsäure-Ammonium-Molybdat wenigstens möglich erscheinen zu lassen.

Zum Schlusse erfülle ich die angenehme Pflicht, dem Herrn Professor K. B. Lehmann für die Anregung zur Bearbeitung dieses Themas und die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit meinen besten Dank auszudrücken.

---

# Über Absorption von Gasen durch Kleidungsstoffe.

Von

Prof. **Ch. Yokote** aus Tokio.

(Aus dem Hygienischen Institut in Würzburg.)

Vor drei Jahren hat im Hygienischen Institut zu Würzburg auf Veranlassung von Herrn Prof. Lehmann Herr Dr. Kifskalt[1]) einige Versuche über die Absorption von Gasen durch Wolle und Baumwolle ausgeführt. Er beschränkte sich im wesentlichen darauf, die Absorption von Ammoniak, Salzsäure und Schwefelwasserstoff bei verschiedenen Temperaturen für Wolle und Baumwolle festzustellen. Auch zeigte er durch einige Versuche die besonders starke Bindung von Ammoniak durch nasse Stoffe. Wie Kifskalt in seiner Arbeit erwähnt, liegen nur sehr wenige ältere Arbeiten über diese Fragen vor, namentlich enthält eine unter Rubner gearbeitete Dissertation von Chelius[2]) aus Marburg aus dem Jahre 1891 einige kurze Angaben über verschiedene uns hier interessierende Punkte, die sich zum Teil mit Kifskalts Untersuchung in guter Übereinstimmung befinden, zum Teil auch etwas abweichen.

Ich folgte daher gerne der Anregung von Herrn Prof. Lehmann, die vielen interessanten Fragen, die sich bei einem näheren Studium des Problems aufdrängten, etwas vielseitiger und

---

1) Archiv f. Hygiene, Bd. 41 (1902).

2) Über die Zersetzung in der Kleidung. Dissertation aus Universität Marburg, 1891.

weiter zu verfolgen, als dies durch die erwähnten Arbeiten geschehen ist. Bei der grofsen Ausdehnung dieses Gebiets kann auch meine Untersuchung nur beanspruchen, einen Teil der Fragen bearbeitet zu haben.

Ich habe es vorgezogen, alle Versuche mit einem einzigen Gas anzustellen und zwar mit Ammoniak, weil dasselbe besonders leicht zu bestimmen ist, und es mir notwendig schien, erst einmal an einem Gas gröfsere Erfahrungen zu sammeln, ehe man weitere Stoffe in den Kreis der Betrachtung zieht. Nur zur Ergänzung habe ich mit einigen riechenden Stoffen noch Versuche vorgenommen. Zunächst teile ich die wichtigsten physikalischen Konstanten meiner zwölf untersuchten Kleidungsstoffe mit.

Tabelle I.

**Die Eigenschaft der untersuchten Kleidungsstoffe.**

| Name des Kleidungsstoffes | Farbe | Beschaffenheit | Dicke | Flächengewicht | Spez. Gewicht | Porenvolumen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Wollstoffe.** | | | mm | g | g | % |
| Wollflanell I | weifs | dünn | 1,00 | 2,0582 | 0,20582 | 87,7 |
| » II | grau | dick | 2,00 | 2,6985 | 0,13492 | 87,1 |
| » III | tiefblau | rauh und dick | 2,20 | 2,4710 | 0,11232 | 87,1 |
| Wolltrikot | Naturfarbe (grau) | — | 1,20 | 3,1249 | 0,26040 | 82,9 |
| Kaschmir | weifs | ? | 0,40 | 1,3877 | 0,34692 | 73,6 |
| Cheviot | weifs | ? | 0,50 | 1,5282 | 0,30584 | 78,7 |
| **Baumwollstoffe.** | | | | | | |
| Baumwollflanell (a) | weifs | — | 1,00 | 1,3612 | 0,13612 | 93,7 |
| » (b) | weifs | — | 1,20 | 1,8582 | 0,15485 | 91,2 |
| Baumwolltrikot | rötlichgelb | — | 0,70 | 2,3070 | 0,32950 | 91,7 |
| Köper | weifs | ein Baumwollstoff, der auf der einen Seite eine Art Baumwollflanell darstellt, auf der anderen Seite ziemlich glatt ist und nur feine Rippen zeigt | 0,80 | 2,1640 | 0,27050 | 86,5 |
| Bieber | weifs | ziemlich steifer dünnwolliger Baumwollstoff zu warmen Unterkleid. | 0,70 | 1,7906 | 0,25780 | 88,3 |
| Schirting | weifs | dünner feiner Hemdstoff | 0,30 | 1,4747 | 0,49160 | 76,1 |
| Baumwolltuch | weifs | sehr grober Hemdstoff | 0,38 | 1,8614 | 0,48984 | 80,2 |

### 1. Enthalten die käuflichen Kleidungsstoffe Ammoniak?

Zwölf verschiedene weifse und gefärbte Woll- und Baumwollstoffe, alle die in folgendem gelegentlich verwendet sind, wurden einige Stunden lang in Mengen von 100 qcm in ammoniakfreiem Wasser stehen lassen und das Wasser nach Herausnahme der Stoffe auf Ammoniak untersucht. Ich fand in keiner Probe mit Nefslerschem Reagens auch nur Spuren von Ammoniak.

### 2. Binden die Kleidungsstoffe schwache Säuren und Laugen?

Im Verlauf der Untersuchung war es notwendig, Titrierungen von $^1/_{10}$ Normalschwefelsäure vorzunehmen, in die ammoniakhaltige Kleidungsstoffe hineingeworfen worden waren. Kleidungsstoffe und Schwefelsäure waren gewöhnlich einige Stunden miteinander in Berührung. Es war nun vor allem zu entscheiden, ob vielleicht etwas Schwefelsäure von den Kleidungsstoffen selbst gebunden würde. Es war dies um so notwendiger, als Knecht[1]) in einer im Interesse der Färberei angestellten Arbeit gefunden hatte, dafs kochende, starke Schwefelsäure in ziemlicher Menge von Wolle neutralisiert wurde. Baumwolle und Seide tun dies in geringerem Mafs. Auch Kifskalt hatte bei seinen Versuchen mit Absorption von Salzsäuredampf so hohe Werte gefunden, dafs er an eine chemische Absorption dachte. In meinen Versuchen habe ich die Zeit der Einwirkung von Schwefelsäure auf die Kleidungsstoffe zwischen 30 Minuten und zehn Stunden variiert, ohne dadurch wesentlich verschiedene Zahlen zu finden. Die Differenzen blieben innerhalb der Versuchsfehler und ich verzichte daher, um meine Arbeit nicht mit zuviel Tabellen zu belasten, auf Angabe der Einzelresultate und teile nur die Durchschnittswerte mit. Auf 34 Bestimmungen insgesamt habe ich nur ca. drei extreme Werte erhalten, die bei der Bestimmung der Mittelwerte einen fehlerhaften Eindruck machten.

Die Resultate sind in Tabelle II niedergelegt.

1) Fortschritte der Physik, Bd. 45, S. 537.

Tabelle II.

**Neutralisierung von Schwefelsäure durch Kleidungsstoffe.**

| Name des Stoffes | pro 100 qcm des Stoffes | | pro 1 g des Stoffes | |
|---|---|---|---|---|
| | $^1/_{10}$ Norm.-$H_2SO_4$ | $NH_3$ | $^1/_{10}$ Norm.-$H_2SO_4$ | $NH_3$ |
| Wollflanell I (weifs) . | 3,25 ccm | = 5,5 mg | 1,58 ccm | = 2,67 mg |
| » II (grau) . | 13,50 » | = 22,95 » | 4,67 » | = 7,96 » |
| » III (tiefblau) | 12,15 » | = 20,66 » | 4,70 » | = 7,99 » |
| Kaschmir (weifs) . . | 1,05 » | = 1,79 » | 0,74 » | = 1,25 » |
| Cheviot (weifs) . . . | 7,00 » | = 11,90 » | 4,72 » | = 8,00 » |
| Wolltrikot (naturgrau) | 15,87 » | = 26,97 » | 5,08 » | = 8,63 » |

Aus der Tabelle folgt, dafs alle Wollstoffe nicht unerhebliche Mengen Schwefelsäure binden. Am wenigsten pro Gramm Kaschmir und weifser Wollflanell. Gröfsere unter sich ähnliche Werte ca. 8 mg binden Cheviot, Wolltrikot und rauher tiefblauer Wollflanell. Eine freie wasserlösliche Base war in den Stoffen ebensowenig wie Ammoniak vorhanden gewesen, und es scheint vorläufig nicht klar, welcher Stoff in der Kleidung diese zum Teil nicht unerhebliche Säurebindung hervorgebracht hat. Der Verdacht, dafs die Färbung an dem Prozefs schuld sei, trifft nicht zu, denn auch der rein weifse Cheviot und der naturbraune Wolltrikot binden starke Säure. Durch besondere Versuche habe ich einigemal zu bestimmen versucht, ob gewaschene Stoffe weniger Säure absorbieren. Ich konnte das nicht konstatieren. Dagegen fand ich, dafs die Fähigkeit, Säure zu binden, bedeutend geringer ist, wenn man den Stoff, nachdem er zwei Stunden in $^1/_{10}$ Schwefelsäure gelegen hat, gründlich auswäscht und ihn nun von neuem in $^1/_{10}$ Schwefelsäure legt.

Tabelle III.

**Bindung von $H_2SO_4$ durch die Stoffe, die einmal mit $H_2SO_4$ behandelt worden sind.**

| Name des Stoffes | pro 100 qcm des Stoffes | | pro 1 g des Stoffes | |
|---|---|---|---|---|
| | $^1/_{10}$ Norm.-$H_2SO_4$ | $NH_3$ | $^1/_{10}$ Norm.-$H_2SO_4$ | $NH_3$ |
| Wollflanell I, Kaschmir und Cheviot . . . | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wollflanell II (grau) . | 1,10 ccm | = 1,87 mg | 0,40 ccm | = 0,68 mg |
| » III (tiefblau) | 0,55 » | = 0,94 » | 0,22 » | = 0,31 » |
| Wolltrikot (naturgrau) | 5,20 » | = 8,84 » | 1,66 » | = 2,82 » |

Im Gegensatz zu diesen mit Wolle erhaltenen Resultaten zeigte sich bei Baumwolle, von der ich ebenfalls eine Reihe von Proben untersuchte, keine bestimmbare Säureneutralisierung. Es ist demnach am wahrscheinlichsten, dafs die Wolle selbst resp. gewisse Bestandteile der Wolle, die nicht in allen Wollsorten in gleicher Menge vorhanden zu sein scheinen, die Säure binden. Man könnte etwa an Amidosäuren denken. Ich habe in allen meinen folgenden Resultaten die Befunde korrigiert, indem ich die durch die Wolle gebundene Schwefelsäure von der durch Ammoniak + Wolle gebundenen subtrahierte. Die Differenz ergab dann ein richtiges Mafs für das gebundene Ammoniak. Die Baumwollzahlen konnten unkorrigiert bleiben.

Die nicht uninteressanten mitgeteilten Ergebnisse veranlafsten mich, auch die Frage zu prüfen, die auch mit unserer Arbeit in direkter Beziehung steht, ob die Kleidungsstoffe vielleicht auch Alkali zu binden imstande seien. Ich nahm Kleidungsstoffe von 100 qcm und legte sie in 50 ccm $^1/_{10}$-Normalnatronlauge. Nach zwei Stunden fand ich, dafs das eine Stück Wollflanell 19,5, das andere 15,5 ccm Normalnatronlauge zum Verschwinden gebracht, also gesättigt habe. Ich wusch die Stoffe aus und wiederholte den Versuch, indem ich sie diesmal 24 Stunden lang in 25 ccm $^1/_{10}$-Normalnatronlauge legte. Ich fand diesmal ein Verschwinden von 10 resp. 8,2 ccm $^1/_{10}$-Normalnatronlauge. Ein weiterer Versuch war der folgende: Ich fügte zu destilliertem Wasser ein Stück Wollflanell und gab einige Tropfen Phenolphthalein zu. Dann fügte ich tropfenweise $^1/_{10}$-Normalnatronlauge zu. Die Farbe verschwand anfangs rasch, später langsam. Ein scharfer Endtiter konnte nicht gefunden werden. Auch gegen Natronlauge verhält sich somit Wolle etwa wie eine Amidosäure. Es ist bekannt, dafs dieselben sowohl mit Säure wie mit Basen Verbindungen einzugehen imstande sind. Dagegen verhielt sich Baumwollstoff gegen Natronlauge ebenso indifferent, wie er sich gegen Säure verhalten hatte.

Ich schlofs aus diesen letzten Ergebnissen, dafs man ein mit Ammoniak beladenes, in überschüssige Schwefelsäure gebrachtes Stück Tuch nicht direkt mit Natronlauge zur Bestimmung des

Schwefelsäureüberschusses titrieren dürfe, sondern dafs man das Tuchstück erst herausnehmen, auspressen und auswaschen müsse, um nachher die mit der Schwefelsäure vereinigten Waschwasser zu titrieren.

### 3. Methode der Absorptionsversuche.

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse des vorigen Abschnitts stellte sich die Methode folgendermafsen dar. Ich brachte in ein kleines Becherglas etwa 10 ccm Ammoniakflüssigkeit unter eine Glasglocke von ca. 3 l, welche auf eine Glasplatte aufgeschliffen war. 30 Minuten später hängte ich das zu untersuchende Stoffstückchen von 100 qcm Oberfläche an zwei Fäden ausgespannt auf ein kleines Glasgestell und brachte es unter die Glocke, ohne das Ammoniakgefäfs zu entfernen. Nach bestimmter Zeit, $^1/_2$—24 Stunden, wurde die Probe herausgenommen, sofort in ein gemessenes Volum $^1/_{10}$-Normalschwefelsäure gebracht, nach $^1/_2$—1 Stunde wurde die Schwefelsäure abgegossen und das Tuchstückchen bis zum Verschwinden der saueren Reaktion mit neutralem Wasser gewaschen. $^1/_5$ der vereinigten sauren Flüssigkeiten titrierte ich mit $^1/_{10}$-Normalnatronlauge und wiederholte die Titrierung an einem zweiten Fünftel. Die Säureabnahme minus der Säuremenge, welche die betreffende Stoffprobe nach Abschnitt 2 allein zum Verschwinden bringt, gab, mit 1,7 multipliziert die Ammoniakmenge in mg, welche der Stoff gebunden hatte. Ich habe in folgendem stets korrigierte Zahlen angegeben. Durch einen besonderen Versuch überzeugte ich mich noch, dafs eine kleine Ammoniakzugabe zu der Schwefelsäure die Schwefelsäurebindung eines Wollstückchens, das nicht in der Ammoniak-Atmosphäre geweilt hatte, nicht beeinflufst.

### 4. Bestimmung der Ammoniakmenge, welche von 100 qcm bei 16—17° von den Kleidungsstoffen in einer Stunde absorbiert wird.

Natürlich ist bei dem sehr verschiedenen Flächengewicht zu erwarten, dafs die Menge des absorbierten Ammoniaks pro 100 ccm verschieden ist. Es zeigte sich aber, dafs auch, wenn man für 1 g die Zahlen ausrechnet, die Differenzen noch sehr erheblich

Tabelle IV.

**$NH_3$-Menge, welche von den Kleidungsstoffen absorbiert wird.**

| Name des Stoffes | | Flächengewicht | $NH_3$ pr. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ pro 1 g Stoff | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Einzelbestimmung | Mittel | Einzelbestimmung | Mittel |
| Bieber | a | 1,7772 g | 12,75 mg | | 7,18 mg | |
| | b | 1,8041 » | 12,75 » | 12,75 mg | 7,03 » | 7,11 mg |
| Köper | a | 2,2010 » | 16,25 » | | 7,38 » | |
| | b | 2,1270 » | 19,55 » | 17,90 » | 9,19 » | 8,29 » |
| Schirting | a | 1,4953 » | 13,60 » | | 9,09 » | |
| | b | 1,4741 » | 11,05 » | 12,33 » | 7,49 » | 8,29 » |
| Baumwolltuch | a | 1,7860 » | 16,25 » | | 9,09 » | |
| | b | 1,9369 » | 17,00 » | 16,63 » | 8,77 » | 8,93 » |
| Baumwollflanell (a) | a | 1,3501 » | 11,90 » | | 8,81 » | |
| | b | 1,3723 » | 11,90 » | 11,90 » | 8,62 » | 8,72 » |
| Baumwolltrikot | a | 2,2970 » | 25,33 » | | 11,02 » | |
| | b | 2,3100 » | 21,93 » | 23,63 » | 9,49 » | 10,51 » |
| Kaschmir | a | 1,3700 » | 27,79 » | | 20,28 » | |
| | b | 1,4060 » | 27,79 » | | 19,76 » | |
| | c | 1,3872 » | 29,47 » | 28,35 » | 21,24 » | 20,64 » |
| Cheviot | a | 1,5032 » | 26,18 » | | 17,41 » | |
| | b | 1,5280 » | 29,24 » | | 19,13 » | |
| | c | 1,5534 » | 28,56 » | 27,99 » | 18,38 » | 18,31 » |
| Wollflanell III (tiefblau) | a | 2,4260 » | 41,40 » | | 17,06 » | |
| | b | 2,4490 » | 45,65 » | | 18,64 » | |
| | c | 2,5370 » | 43,27 » | 43,44 » | 17,05 » | 17,58 » |
| Wollflanell II (grau) | a | 2,6633 » | 39,68 » | | 14,89 » | |
| | b | 2,7000 » | 37,40 » | | 13,85 » | |
| | c | 2,7322 » | 44,54 » | 40,54 » | 16,34 » | 15,03 » |
| Wolltrikot | a | 3,0995 » | 43,21 » | | 13,94 » | |
| | b | 3,1504 » | 44,06 » | 43,64 » | 13,98 » | 13,96 » |
| Wollflanell (weifs) | a | 2,1024 » | 40,23 » | | 19,13 » | |
| | b | 2,0054 » | 41,25 » | | 20,56 » | |
| | c | 2,0667 » | 44,31 » | 41,93 » | 21,39 » | 20,36 » |

sind, namentlich sieht man auf den ersten Blick, dafs auch in meinen Versuchen die Wollproben pro 1 g annähernd $1\frac{1}{2}$ bis 3 mal soviel absorbieren wie die Baumwollproben. Die einzelnen Baumwollstoffe unterscheiden sich nicht sehr bedeutend voneinander. Die Trikotstoffe zeigen die gröfste, der Biber die kleinste Zahl. Die Zahlen für Köper, Schirting, Baumwolltuch

und Baumwollflanell sind fast identisch zwischen 8,3 und 8,9 mg. Ähnlich sind die Differenzen bei der Wolle. Wolltrikot liefert mit 14 mg eine besonders niedrige Zahl. Auch der graue Flanell mit 15 mg liefert einen niedrigen Wert. Cheviot mit 18,3 mg, Wollflanell mit 20,4 mg und Kaschmir mit 20,6 mg zeigen unter sich ähnliche Werte.

Chelius hat darauf aufmerksam gemacht, dafs man bei derartigen Bestimmungen die in den Poren des Stoffes enthaltene Ammoniakmenge mitbestimme, und ich habe mich bemüht, diesen Fehler zu eliminieren und mir über seine Gröfse klar zu werden. In Tabelle I sind die Porenvolumen angegeben. Kennt man den Ammoniakgehalt unter der Glocke, so läfst sich, wenn man sehr rasch arbeitet und annimmt, dafs die Poren vollständig mit Ammoniak von der Konzentration der Glockenluft gefüllt sind, die Ammoniakmenge in den Poren berechnen. Ich habe drei Versuche zur Ammoniakbestimmung unter der Glocke in der Weise angestellt, dafs ich 150 ccm der Glockenluft langsam durch eine mit Schwefelsäure gefüllte Pettenkofersche Röhre leitete, wobei die Luft in der Glocke sich aus einer zweiten ebenso behandelten ersetzte. Ich fand 0,24, 0,34, 0,31, im Durchschnitt 0,30 mg Ammoniak in 1 ccm Luft. Diese Zahl mufs eine Kleinigkeit zu niedrig sein. In der folgenden Tabelle ist einmal angegeben der direkt gefundene Ammoniakgehalt. Es zeigte sich, dafs in der Tat durch Berücksichtigung des Ammoniakgehaltes der Porenluft die Resultate um etwa 4—23% vermindert werden. Doch sind die korrigierten Zahlen untereinander nicht ähnlicher als wie die unkorrigierten. Die einzelnen niedrigen Werte stehen geradeso unerklärlich den andern gegenüber.

(Siehe Tabelle V auf S. 136.)

Vergleiche ich zum Schlufs meine absoluten Werte mit denen von Kifskalt, so stimmen sie im wesentlichen überein. Allerdings hat er nur unkorrigierte Werte mitgeteilt und nur mit Baumwolltrikot und Wolltrikot gearbeitet, die bei mir gerade etwas abnorme Werte — Baumwolltrikot relativ hohe und Wolltrikot auffallend niedrige — ergeben haben.

Tabelle V.

| Name des Stoffes | | $NH_3$ total | Porenvolum in 1 g Stoff | $NH_3$ in der Porenluft | $NH_3$ von Stoff absorbiert |
|---|---|---|---|---|---|
| | | mg | ccm | mg | mg |
| Bieber | Baumwolle | 7,11 | 3,90 | 1,17 | 5,95 |
| Köper | Baumwolle | 8,29 | 3,69 | 1,11 | 7,18 |
| Schirting | Baumwolle | 8,29 | 2,03 | 0,61 | 7,68 |
| Baumwolltuch | Baumwolle | 8,93 | 2,04 | 0,61 | 8,32 |
| Baumwollflanell (a) | Baumwolle | 8,72 | 6,83 | 2,05 | 6,67 |
| Baumwolltrikot | Baumwolle | 10,51 | 3,03 | 0,91 | 9,60 |
| Kaschmir | Wolle | 20,64 | 2,88 | 0,86 | 19,78 |
| Cheviot | Wolle | 18,31 | 3,27 | 0,98 | 17,33 |
| Flanell III (tiefblau) | Wolle | 17,58 | 8,90 | 2,67 | 14,91 |
| Wollflanell II (grau) | Wolle | 15,03 | 7,41 | 2,22 | 12,81 |
| Wolltrikot | Wolle | 13,96 | 3,84 | 1,15 | 12,81 |
| Wollflanell (weifs) | Wolle | 20,36 | 4,85 | 1,46 | 18,90 |

Mit einem Wort möchte ich auch noch darauf aufmerksam machen, dafs gerade der Wollstoff, der bei mir abnorm wenig Ammoniak absorbierte, der Wolltrikot sich gerade durch eine besonders starke Säureabsorption auszeichnete. Man könnte vermuten, dafs die zum Trikot verwendete Wolle von besonders stark basischen Eigenschaften gewesen sei.

## 5. Über den Einflufs des Waschens auf die Absorption des Ammoniaks.

Es war denkbar, dafs gewisse Unregelmäfsigkeiten verschwinden würden durch das Waschen der Stoffe. Dabei mufste allerdings auch damit gerechnet werden, dafs die physikalische Beschaffenheit des Stoffes durch das Waschen vielleicht auch ein wenig geändert würde. Das Waschen geschah blofs mit destilliertem Wasser und durch tüchtiges Reiben und Durchkneten mit den Händen. Das Waschwasser zeigte nirgends eine Verfärbung. Die gewaschenen Stoffe wurden erst im Trockenschrank 2—4 Stunden lang gut getrocknet und dann im Zimmer aufgehängt, damit sie wieder den Wassergehalt annähmen, der der Feuchtigkeit und Temperatur des Zimmers entspricht. Die in

folgender Tabelle enthaltenen Zahlen sind wieder korrigiert, indem ich die im Kapitel 2 niedergelegten Erfahrungen über die veränderte Säureabsorption gewaschener Stoffe berücksichtigte.

Tabelle VI.

**$NH_3$-Menge, welche von dem gewaschenen Stoff absorbiert wird.**

| Name des Stoffes | $NH_3$-Menge, die von 100 qcm Stoff absorbiert wird | | $NH_3$-Menge, die von 1 g Stoff absorbiert wird | | $NH_3$-Menge, die von (nichtgewaschenem) 1 g Stoff absorbiert wird | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | | |
| | mg | mg | mg | mg | mg | |
| Bieber (weifs) | 17,85<br>17,85 | 17,85 | 10,05<br>9,89 | 9,97 | 7,11 | + 40,2% |
| Köper (weifs) | 19,55<br>22,10 | 20,83 | 8,88<br>10,39 | 9,64 | 8,29 | + 16,2 » |
| Schirting (weifs) | 11,90<br>11,05 | 11,47 | 7,95<br>7,49 | 7,72 | 8,29 | — 6,8 » |
| Baumwolltuch (weifs) | 12,75<br>17,85 | 15,30 | 7,13<br>9,22 | 8,18 | 8,93 | — 8,4 » |
| Baumwollflanell (weifs) | 8,50<br>11,90 | 10,20 | 6,29<br>8,62 | 7,46 | 8,72 | — 16,8 » |
| Baumwolltrikot (weifs) | 22,00<br>18,38 | 20,19 | 9,57<br>7,99 | 8,78 | 10,51 | — 16,4 » |
| Cheviot (weifs) | 27,20<br>37,95 | 32,57 | 18,02<br>24,83 | 21,43 | 18,31 | + 17,0 » |
| Kaschmir (weifs) | 34,85<br>28,90 | 31,88 | 25,43<br>20,55 | 22,99 | 20,64 | + 10,2 » |
| Wollflanell III (tiefblau) | 66,60<br>65,55 | 66,07 | 27,45<br>26,77 | 27,11 | 17,58 | + 35,1 » |
| Wollflanell II (grau) | 58,40<br>60,95 | 59,67 | 21,93<br>22,57 | 22,25 | 15,03 | + 32,4 » |
| Wolltrikot | 65,11<br>67,66 | 66,38 | 21,06<br>21,48 | 21,27 | 13,96 | + 34,3 » |
| Wollflanell (weifs) | 50,15<br>41,65 | 45,90 | 23,85<br>20,75 | 22,30 | 20,36 | + 8,7 » |

Nach den in der Tabelle niedergelegten Beobachtungen hat der gewaschene Wollstoff fast durchweg eine ziemlich gleichmäfsige vermehrte Ammoniakabsorption gezeigt; bei Baumwolle waren die Resultate unregelmäfsiger. Einen Grund dafür kann ich nicht angeben. Beim Niederschreiben der Arbeit tauchte der Gedanke auf, ob vielleicht Kohlensäure und schweflige Säure

oder Schwefelsäure beim Trockenprozefs absorbiert sein könnten. Ich hatte aber nicht mehr die Möglichkeit, diesen Gedanken zu prüfen.

Während ich bis hier mit einer grofsen Reihe verschiedener Stoffe gearbeitet hatte, glaubte ich bei der feineren Analyse der beobachteten Erscheinungen, mich auf zwei Stoffe beschränken zu sollen, welche in Webart, Dicke und Flächengewicht sehr ähnlich waren, sich aber durch ihre Herstellung aus Baumwolle und Wolle unterschieden, nämlich einen weifsen Baumwollflanell und einen weifsen Wollflanell.

## 6. Nähere Prüfung der Frage, ob die Ammoniakabsorption von dem Grundstoff des Gewebes abhängig ist?

Die Versuche des Abschnitts 3 haben schon aufserordentlich wahrscheinlich gemacht, dafs in der Tat Wollstoffe mehr absorbieren wie Baumwollstoffe. Um dies über alle Zweifel sicher zu stellen, habe ich die beiden sehr ähnlich gewobenen Stoffe, Baumwollflanell b und Wollflanell 1 einer speziellen Vergleichung unterzogen und dabei die in Tabelle VII auf S. 139 angegebenen Werte erhalten.

Die Zahlen sollen gleichzeitig zeigen, welche Differenzen man auch bei sorgfältigster Ausführung eines Einzelversuchs erhalten kann, und damit gleichzeitig den Beweis führen, dafs Mittelzahlen nur einen Wert haben, wenn man sie aus vielen Einzelbestimmungen ableitet. Ich habe mich bei den Bestimmungen peinlichst bemüht, die Temperatur 16—17 ° C einzuhalten, die Stoffe stets genau 1 Stunde unter der Glocke zu lassen, den Transport der Stückchen in die Säure stets so rasch als möglich zu vollziehen, das Säureglas unmittelbar neben die Glocke bei der Übertragung zu stellen, und dennoch sind die Zahlen für Wolle ziemlich, für Baumwolle stellenweise aufserordentlich different. Ist doch die niedrigste Zahl für Baumwolle fast $^1/_3$ so grofs wie die höchste. Auch für gewaschene Stoffe habe ich die Rechnung ausgeführt und diesmal mit den Ergebnissen des Abschnitts 5 durchweg eine geringe Erhöhung der Ammoniakabsorption durch

die gewaschenen Stoffe gefunden, während in Abschnitt 5 dieses Resultat nur für Wolle erhalten wurde und die Baumwolle unregelmäſsige Resultate gegeben hatte.

Tabelle VII.

**$NH_3$-Menge, welche von 1 g Stoff für 1 Stunde bei 16—17° C absorbiert wird.**

| Wollflanell | | Baumwollflanell | |
|---|---|---|---|
| nicht gewaschen | gewaschen | nicht gewaschen | gewaschen |
| mg | mg | mg | mg |
| 20,22 | 26,95 | 7,14 | 8,43 |
| 24,97 | 28,00 | 6,92 | 8,62 |
| 25,23 | 28,06 | 9,59 | 9,19 |
| 19,41 | 31,47 | 9,11 | 7,36 |
| 16,51 | 28,71 | 14,05 | 5,84 |
| 22,23 | 28,95 | 7,40 | 7,08 |
| 23,16 | 27,44 | 7,63 | 7,24 |
| 20,90 | 29,06 | 6,00 | 9,28 |
| 21,63 | 23,85 | 5,71 | 10,29 |
| 23,83 | 20,75 | 9,40 | 9,15 |
| 24,51 | 26,58 | 8,00 | 10,81 |
| 20,78 | 26,47 | 7,87 | 9,11 |
| 24,29 | | 8,51 | |
| 24,54 | | 5,96 | |
| 23,68 | | 6,69 | |
| 20,49 | | 8,56 | |
| 21,15 | | 9,64 | |
| 19,13 | | 11,01 | |
| 20,56 | | 10,86 | |
| 21,44 | | | |
| 22,94 | 27,19 | 8,26 | 8,87 |

## 7. Warum absorbieren die gewaschenen Stoffe mehr Ammoniak?

Wie ich unten zeigen werde, spielt der Gehalt an hygroskopischem Wasser eine bedeutende Rolle bei der Absorption des Ammoniaks, und es lag die Vermutung nahe, es könnten die gewaschenen Stoffe durch das Waschen etwas hygroskopischer geworden sein. Um dies zu ermitteln, brachte ich von Woll- und Baumwollflanell gewaschene und ungewaschene Stücke in den Trockenschrank, lieſs sie in dem Exsikkator abkühlen und hängte sie dann zusammen gleichzeitig eine bestimmte Zeit in

mit Wasserdampf gesättigter Luft auf unter einer Glocke. Die Resultate waren, wie Tabelle VIII ergibt, dafs in der Tat die gewaschenen Stoffe fast regelmäfsig eine, wenn auch nur unbedeutende vermehrte Hygroskopizität zeigten.

Tabelle VIII.

**Wassermenge, welche von 100 qcm nichtgewaschenen und gewaschenen Stoffen absorbiert wird.**

| Nr. | | Wasserdampf in dem Raume, wo die Stoffe gelegt werden | Zeitdauer | Temperatur | Wollflanell | | Baumwollflanell | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | nicht gewasch. | gewaschene | nicht gewasch. | gewaschene |
| | | | | | % | % | % | % |
| 1 | a | gesättigt | ½ Std. | 17° C | 3,10 | 2,90 | 3,00 | 3,20 |
| | b | » | 1½ Std. | » | 4,60 | 4,80 | 4,50 | 4,50 |
| | c | Zimmerfeucht. | 5 Tage | um 17° C | 7,86 | 8,05 | 4,14 | 4,15 |
| 2 | a | gesättigt | ½ Std. | 17° C | 3,38 | 3,89 | 2,97 | 3,27 |
| | b | » | 1½ Std. | » | 5,16 | 5,63 | 4,26 | 5,13 |
| | c | Zimmerfeucht. | 5 Tage | um 17° C | 7,31 | 8,00 | — | — |
| 3 | | gesättigt | 1 Std. | 17° C | 4,48 | 4,79 | 4,15 | 5,49 |

Ob diese geringe Vermehrung der hygroskopischen Eigenschaften ausreicht, um die vermehrte Ammoniakaufnahme der gewaschenen Stoffe zu erklären, kann ich nicht entscheiden. Wahrscheinlich spielen noch andere Ursachen, vielleicht eine gewisse Lockerung des Gewebes, beim Waschen mit.

## 8. Ändert das Appretieren mit Stärkelösung die Absorptionsfähigkeit eines Stoffes?

Um diese Frage zu untersuchen und gleichzeitig die hygroskopischen Eigenschaften der appretierten mit denen von nicht appretierten Stoffen zu vergleichen, stellte ich folgenden Versuch an. Vier Stücke Baumwollflanell von 100 qcm wusch ich mit destilliertem Wasser und trocknete sie im Trockenschrank und wog sie. Zwei Stücke davon wurden in schwache Stärkelösung gelegt, wieder getrocknet und gewogen. Sie nahmen ungefähr 146 mg Stärke auf. Nun brachte ich die beiden gestärkten und zwei andere Stücke 30 Minuten lang in einen mit Wasserdampf gesättigten Raum. Beim Wiegen zeigte sich, dafs die gestärkten Stücke 42, die ungestärkten 20 und 25 mg Wasser aufgenommen

hatten. Die Stücke wurden wieder gertocknet und nun 30 Minuten lang bei 17° unter eine Ammoniakglocke gebracht und der Ammoniakgehalt bestimmt. Die gestärkten Stücke nahmen, wie sie mehr Wasser aufgenommen hatten, auch mehr Ammoniak auf und zwar ziemlich im gleichen Verhältnis. Es ist wahrscheinlich, dafs nicht die Stärke das Ammoniak absorbiert, sondern dafs die Stärke Wasser aufnimmt und das Wasser dann Ammoniak absorbiert.

Tabelle IX.

| Baumwoll-flanell | Flächengewicht im Trocknen | Wassergehalt | Stärkegehalt | $NH_3$ pro 100 qcm Stoff | | $NH_3$ pro 1 g Stoff | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | g | g | g | mg | mg | mg | mg |
| Kontroll- | 1,3740 | 0,0256 | 0 | 13,43 | | 9,82 | |
| » | 1,3975 | 0,0195 | 0 | 9,38 | 11,40 | 6,71 | 8,26 |
| appretierte | 1,2948 | 0,0420 | 0,1461 | 15,30 | | 11,87 | |
| » | 1,3485 | 0,0430 | 0,1475 | 16,15 | 15,72 | 11,97 | 11,92 |

## 9. Die Abhängigkeit der Ammoniakabsorption von der Zeitdauer des Versuchs.

Kifskalt hat nachgewiesen, dafs in einer Stunde die Ammoniakabsorption vollendet ist. Die spärlichen und etwas unregelmäfsigen Angaben von Chelius gestatten den gleichen Schlufs. Meine Versuche, die ich gleichzeitig mit gewaschenem und ungewaschenem Woll- und Baumwollflanell anstellte, sind in Tabelle 10 nieder gelegt. Es folgt daraus, dafs in der Tat in einer Stunde die Sättigung erreicht ist, dafs aber nach einer halben Stunde noch etwas mehr Ammoniak aufgenommen wird. Ich fand es notwendig, bei diesen Versuchen darauf zu achten, dafs die Glocke durch Fett dicht auf die Glasplatte aufgesetzt war. (s. Tab. X S. 142.)

## 10. Über die Abhängigkeit der absorbierten Ammoniakmenge von dem Gehalt des Stoffes an flüssigem Wasser.

Chelius und Kifskalt haben schon gefunden, dafs benetzte Stoffe bedeutend mehr Ammoniak als die trockenen absorbierten. Ich habe es für interessant gehalten, diese Frage näher zu studieren unter bedeutender Variation des Wassergehalts. Ich teile die Resultate in Tabelle XI (S. 142) mit.

Tabelle X.

| Berührungsstunde | $NH_3$ pro 1 g Wollflanell | | | | $NH_3$ pro 1 g Baumwollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | nicht gewaschen | | gewaschen | | nicht gewaschen | | gewaschen | |
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| 1/2 Std. | 21,59 | | 23,31 | | 8,39 | | 7,89 | |
| | 23,47 | 22,53 | 23,06 | 23,19 | 7,33 | 7,86 | 5,52 | 6,72 |
| 1 » | 23,83 | | 25,99 | | 9,59 | | 10,81 | |
| | 24,51 | 24,34 | 27,18 | 26,59 | 9,11 | 9,35 | 9,11 | 9,96 |
| 2 » | 25,17 | | 26,56 | | 8,48 | | 9,09 | |
| | 25,21 | 25,19 | 26,47 | 26,52 | 7,59 | 8,04 | 6,30 | 7,70 |
| 4 » | 22,34 | | 26,63 | | 8,35 | | 7,74 | |
| | 19,62 | 20,98 | 24,97 | 25,80 | 8,75 | 8,55 | 8,88 | 8,30 |
| 6 » | 23,69 | | 26,02 | | 10,14 | | 6,11 | |
| | 24,07 | 23,88 | 28,37 | 27,20 | 6,38 | 8,26 | 7,71 | 6,91 |
| 8 » | 21,73 | | 23,47 | | 7,69 | | 8,89 | |
| | 21,28 | 21,50 | 23,85 | 23,66 | 5,99 | 6,84 | 8,76 | 8,83 |

Tabelle XI. **Wollflanell.**

| Nr. | | Temperatur | Behandlungsdauer | Wassergeh. in d. Stoff | | Absorbiertes $NH_3$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | absolut | relativ | pr. 100 qcm Stoff | pro 1 g Stoff |
| | | | | g | % | mg | mg |
| 1 | a | 16° C | 1 Std. | 3,1241 | 168,9 | 244,4 | 132,1 |
| | b | » | » | 3,3652 | 187,4 | 264,8 | 147,5 |
| 2 | a | 17° C | » | 3,6319 | 188,8 | 348,1 | 167,0 |
| | b | » | » | 3,7952 | 203,3 | 354,9 | 173,2 |
| 3 | a | 17° C | » | 1,7948 | 88,8 | 201,9 | 96,3 |
| | b | » | » | 1,5351 | 80,4 | 190,0 | 91,2 |
| 4 | a | 16° C | » | 0,2586 | 13,6 | 53,15 | 25,4 |
| | b | » | » | 0,2742 | 14,3 | 48,05 | 23,8 |
| 5 | a | 17° C | » | 0,1812 | 9,5 | 43,80 | 23,1 |
| | b | » | » | 0,3084 | 17,0 | 43,80 | 24,5 |
| **Baumwollflanell.** | | | | | | | |
| 1 | a | 17° C | 1 Std. | 2,4452 | 192,0 | 256,3 | 205,6 |
| | b | » | » | 2,7710 | 207,5 | 299,6 | 228,6 |
| 2 | a | 16° C | » | 3,2336 | 177,3 | 227,8 | 124,9 |
| | b | » | » | 3,4978 | 191,0 | 246,5 | 128,0 |
| 3 | a | 17° C | » | 1,7338 | 94,0 | 180,0 | 98,2 |
| | b | » | » | 1,6782 | 89,2 | 174,2 | 89,4 |
| 4 | a | 16° C | » | 0,1558 | 8,6 | 21,3 | 11,8 |
| | b | » | » | 0,1758 | 9,6 | 19,6 | 10,6 |
| 5 | a | 17° C | » | 0,1270 | 8,6 | 10,2 | 7,8 |
| | b | » | » | 0,1207 | 9,6 | 12,8 | 9,6 |

Versucht man rechnerisch zu vergleichen die Menge des Wassergehalts mit der Menge des absorbierten Ammoniaks, so ergeben sich ziemlich regelmäfsige Beziehungen.

Tabelle XII.

**$NH_3$-Menge, welche von 1 g Wasser absorbiert wird.**

| Wollflanell | | | Baumwollflanell | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | mg | | | mg |
| 1 | a | 64,0 | 1 | a | 100,0 |
| | b | 64,4 | | b | 102,8 |
| 2 | a | 83,9 | 2 | a | 67,5 |
| | b | 81,3 | | b | 67,1 |
| 3 | a | 86,6 | 3 | a | 99,2 |
| | b | 96,0 | | b | 95,6 |
| Durchschnitt | | 79,3 | Durchschnitt | | 88,7 |

Die Rechnung wurde unter folgender Voraussetzung ausgeführt: Von der $NH_3$-Menge, die der nasse Stoff absorbierte, wurde die durch den Stoff nebst seinem hygroskopischen Wasser absorbierte Ammoniakmenge abgezogen, die Differenz wurde auf das flüssige Wasser bezogen und auf 1 g umgerechnet.

Es zeigt sich, dafs die pro 1 g Wasser absorbierte Ammoniakmenge zwar keine konstante, aber doch eine Gröfse gleicher Ordnung darstellt. Inwieweit noch Versuchsfehler daran schuld sind, dafs die Gröfsen nicht regelmäfsig sind, ist nicht zu sagen. Auffallend ist jedenfalls, dafs bei der Wolle der Versuch 2 und 3, bei der Baumwolle der Versuch 1 und 3 zu annähernd gleichen Zahlen pro 1 g Wasser führt. Auch Chelius hat eine ähnliche Betrachtung angestellt und gefunden, dafs 1 g Wasser in Wolle durchschnittlich 109,7 mg, in Baumwolle 99,2 mg Ammoniak bindet in einer Stunde. Auch aus den Zahlen von Kifskalt ergibt sich ein ähnliches Verhältnis.

## II. Einflufs des hygroskopischen Wassers auf die Absorption.

Neuer, also auch interessanter als die Mitteilungen des vorigen Abschnittes scheinen mir die Ergebnisse zu sein, die ich in diesem mitteilen will. Meine Versuchsanordnung war die folgende: Ich

trocknete Stoffstücke im Trockenschrank und legte einen Teil davon in den Exsikkator und andere ebenso grofse unter eine Glocke, deren Luft mit Wasser gesättigt war. Nach 24 Stunden brachte ich beide Stoffsorten in eine Glocke mit Ammoniakdampf, aus der ich sie nach sehr kurzer Zeit herausnahm, um dem trockenen Stoff nicht Gelegenheit zu geben, neben Ammoniak gröfsere Wasserdampfmengen aufzunehmen. Meine Versuchszeit war 10 Minuten, ich ging aber bis zu 2 Minuten herunter. Die Resultate zeigt Tabelle XIII.

Tabelle XIII.

**1. Versuch.**

Bei 16° C. $NH_3$-Menge, welche von 1 g Stoff absorbiert wird.

| Wollflanell | | | | Baumwollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| trocken | | feucht (nicht nafs) | | trocken | | feucht (nicht nafs) | |
| Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| 11,39 | | 21,10 | | 9,92 | | 13,38 | |
| 9,67 | 10,53 | 21,11 | 21,10 | 8,18 | 9,05 | 12,89 | 13,24 |

**2. Versuch.**

Bei 17° C und 5 Minuten. Absorbierte $NH_3$-Menge für 1 g Stoff.

Wollflanell.

| | Hygroskop. Wasser in 1 g Stoff | Einzeln | Mittel |
|---|---|---|---|
| Trocken . . | | 7,47 mg | |
| » . . | | 9,14 » | 8,31 mg |
| Feucht . . | 0,1820 g | 18,10 » | |
| » . . | 0,1800 » | 16,15 » | 17,12 » |

Baumwollflanell.

| | Hygroskop. Wasser in 1 g Stoff | Einzeln | Mittel |
|---|---|---|---|
| Trocken . . | | 4,27 mg | |
| » . . | | 5,57 » | 4,88 mg |
| Feucht . . | 0,1188 g | 8,31 » | |
| » . . | 0,1254 » | 7,02 » | 7,66 » |

**3. Versuch.**

Bei 17° C und 2 Minuten. Absorbierte $NH_3$-Menge für 1 g Stoff.

Wollflanell.

| | Hygroskop. Wasser in 1 g Stoff | Einzeln | Mittel |
|---|---|---|---|
| Trocken . . | | 5,84 mg | |
| » . . | | 6,99 » | 6,41 mg |
| Feucht . . | 0,1972 g | 19,95 » | |
| » . . | 0,1999 » | 20,11 » | 20,03 » |

Baumwollflanell.

| | Hygroskop. Wasser in 1 g Stoff | Einzeln | Mittel |
|---|---|---|---|
| Trocken . . | | 2,36 mg | |
| » . . | | 2,91 » | 2,63 mg |
| Feucht . . | 0,1323 g | 6,57 » | |
| » . . | 0,1294 » | 8,64 » | 7,60 » |

In einigen Versuchen habe ich auch den Wassergehalt des feuchten Stoffs bestimmt. Aus den Versuchen folgt, dafs das hygroskopische Wasser eine aufserordentlich wichtige Rolle spielt bei der Absorption des Ammoniaks. Schon in 2 Minuten nimmt der mit Wasserdampf gesättigte Wollflanell und Baumwollflanell ziemlich maximale Ammoniakmengen auf, währenddem der trockene Stoff sehr langsam nachhinkt. Die trockene Wolle besitzt selbst nach 10 Minuten erst die Hälfte ihres maximalen Ammoniakgehaltes. Man kann sagen, die Ammoniakzunahme dauert so lang, bis das Maximum der hygroskopischen Feuchtigkeit erreicht ist.

Es liegt nahe, aus diesen Zahlen zu berechnen, wieviel $NH_3$ ein Gramm hygroskopischen Wassers absorbiert. Doch stöfst die Berechnung auf Schwierigkeiten, denn der Wassergehalt der »trocknen« Kontrollproben war am Ende des Versuches, d. h. nach 2 resp. 5 Minuten, nicht mehr Null, und es ist deshalb nicht erlaubt, von dem $NH_3$-Gehalt des feuchten Stoffes den Ammoniakgehalt des trocknen Stoffes zu subtrahieren und die Differenz auf den $NH_3$-Gehalt des hygroskopischen Wassers zu beziehen.

## 12. Beziehung des absorbierten Ammoniaks zur Temperatur.

Kifskalt hat konstatiert, dafs die absorbierte Ammoniakmenge mit der Temperatur sinkt. Meine Untersuchungen in dieser Richtung habe ich in Tabelle XIV niedergelegt.

Tabelle XIV.

$NH_3$-Menge, welche von dem Stoff pro 1 Stunde absorbiert wird.

| Temperatur | Wollflanell | | | | Baumwollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | pro 100 qcm | | pro 1 g | | pro 100 qcm | | pro 1 g | |
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| 3° C | 54,34 | | 27,64 | | 18,70 | | 9,70 | |
| | 53,66 | 54,00 | 27,19 | 27,41 | 25,50 | 22,10 | 13,40 | 11,60 |
| 17° C | 48,65 | | 24,54 | | 17,85 | | 9,40 | |
| | 49,41 | 49,03 | 23,68 | 24,11 | 15,30 | 16,58 | 8,10 | 8,70 |
| 25° C | 45,50 | | 21,19 | | 8,10 | | 6,15 | |
| | 42,95 | 44,22 | 20,34 | 20,76 | 8,50 | 8,30 | 5,87 | 6,01 |
| 37° C | 38,70 | | 18,85 | | 7,65 | | 5,60 | |
| | 39,25 | 38,97 | 19,13 | 18,99 | 8,50 | 8,06 | 5,90 | 5,80 |

Ich komme zu ähnlichen Resultaten wie Kifskalt, der aber unkorrigierte Werte mitteilt. Doch ist bei ihm der Temperatureinflufs etwas stärker, als ich ihn fand. Ich habe auf die weitere Verfolgung dieses Themas nicht viel Zeit verwendet.

## 13. Hat die Erschöpfung der Kleidungsstoffe durch Äther einen Einflufs auf die Ammoniakbindung?

Kifskalt konnte keinen solchen Einflufs konstatieren. Ich habe wenigstens eine kleine Steigerung der Ammoniakbindung durch Entfetten finden können. Baumwoll- und Wollflanell (je 1000 qcm) wurden 16 Stunden lang mit Äther extrahiert und getrocknet. Leider versäumte ich, den Äther vorher auf seine Reaktion zu untersuchen. Im Ätherextrakt fand ich bei 100 qcm Wollflanell 0,9 cm Normalsäure, in 100 qcm Baumwollflanellextrakt 0,23 Normalsäure. Die Bindungsfähigkeit für Schwefelsäure war bei dem Wollstoff, wie ich mich durch einen besonderen Versuch überzeugte, nicht verändert. Die Ammoniakabsorption ist aus Tabelle XV zu ersehen.

Tabelle XV.

**$NH_3$-Menge, welche von 1 g entfettetem Stoff pro 30 Min. absorbiert wird.**

| Temperatur | Wollflanell | | | | Baumwollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | entfettet | | nicht entfettet | | entfettet | | nicht entfettet | |
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| 17° C | 22,22 | | 21,92 | | 7,23 | | 4,96 | |
| | 19,99 | 21,11 | 18,99 | 20,46 | 5,52 | 6,38 | 4,29 | 4,63 |
| 16° C | 21,55 | | 19,94 | | 7,63 | | 6,07 | |
| | 24,11 | 22,83 | 20,85 | 20,40 | 6,63 | 7,13 | 7,00 | 6,52 |

Um zu sehen, ob an der vermehrten Ammoniakaufnahme des entfetteten Stoffes eine gröfsere Hygroskopizität des letzteren schuld sei, bestimmte ich auch die Wasserdampfaufnahme, fand aber, wie Tabelle XVI zeigt, keine auffallenden Differenzen.

Tabelle XVI.

| Nr. | | Wasserdampf in der Luft | Zeitdauer | Temperatur | Absorbierte Wassermenge | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Wollflanell | | Baumwollflanell | |
| | | | | | gewöhnl. | entfetteter | gewöhnl. | entfetteter |
| | | | | | % | % | % | % |
| 1 | a | gesättigt | 1/2 Std. | 17° C | 3,10 | 2,50 | 3,00 | 3,00 |
| | b | » | 1 1/2 Std. | » | 4,60 | 4,90 | 4,50 | 4,30 |
| | c | Zimmerfeucht. | 5 Tage | um 17° C | 7,86 | 7,70 | 4,14 | 4,11 |
| 2 | a | gesättigt | 1/2 Std. | 17° C | 3,38 | 3,41 | 2,97 | 3,83 |
| | b | » | 1 1/2 Std. | » | 5,16 | 5,27 | 4,26 | 4,38 |
| | c | Zimmerfeucht. | 5 Tage | um 17° C | 7,31 | 7,51 | — | — |

Ich mufs bekennen, dafs die Unterschiede in die Fehlergrenzen fallen und nicht einmal durchweg zugunsten des entfetteten Stoffes ausgefallen sind.

## 14. Verändert sich die absorbierte Ammoniakmenge in dem aus der Ammoniakatmosphäre entfernten Stoffstück durch Bewegung desselben?

Eine Bewegung des herausgenommenen, mit Ammoniak imprägnierten Läppchens von ca. 1 m in einer Sekunde nenne ich in folgendem eine »Bewegung«. Durch eine solche Bewegung mufste man erwarten, das Ammoniak vollständig aus den Poren entfernen zu können. Es war interessant, wie sich bei weiteren Bewegungen

der Ammoniakgehalt stellen würde. Tabelle XVII bringt eine gröfsere Reihe solcher Versuche mit Woll- und Baumwollflanell, aus denen hervorgeht, dafs die erste Bewegung bei Baumwollflanell einen starken Einflufs hat.

Tabelle XVII.

**1. Versuch.**

| Bewegungszahl | Baumwollflanell | | Wollflanell | |
|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | $NH_3$ f. 1 g Stoff | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | $NH_3$ f. 1 g Stoff |
| ohne | 18,00 mg | 14,05 mg | 22,55 mg | 11,07 mg |
| 1 | 5,95 » | 4,51 » | 21,70 » | 10,24 » |
| 2 | 3,40 » | 2,49 » | 21,70 » | 10,50 » |
| 3 | 0,85 » | 0,61 » | 20,00 » | 9,73 » |

**2. Versuch.**

| Bewegungszahl | Baumwollflanell | | Wollflanell | |
|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | $NH_3$ f. 1 g Stoff | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | $NH_3$ f. 1 g Stoff |
| ohne | 5,95 mg | 4,65 mg | 43,80 mg | 22,46 mg |
| 3 | 2,55 » | 1,90 » | 41,25 » | 19,54 » |
| 5 | 1,70 » | 1,25 » | 37,00 » | 18,13 » |
| 10 | 0,85 » | 0,65 » | 33,30 » | 15,75 » |

**3. Versuch.**

| Bewegungszahl | Baumwollflanell | | | | Wollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | |
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| ohne | 13,60 | | 7,40 | | 40,40 | | 20,49 | |
| » | 14,45 | 14,03 | 7,63 | 7,52 | 42,44 | 41,42 | 21,15 | 20,82 |
| 5 | 6,80 | | 3,85 | | 34,79 | | 17,27 | |
| 5 | 5,95 | 6,38 | 3,28 | 3,57 | 35,81 | 35,30 | 17,80 | 17,53 |
| 10 | 1,70 | | 0,71 | | 30,20 | | 15,15 | |
| 10 | 2,55 | 2,13 | 1,14 | 1,03 | 32,75 | 31,47 | 16,09 | 15,62 |
| 15 | 1,70 | | 0,94 | | 28,50 | | 14,09 | |
| 15 | 0,85 | 1,28 | 0,48 | 0,71 | 26,46 | 27,48 | 13,32 | 13,70 |

Die späteren Bewegungen sind von wesentlich geringerem Einflufs. Nach der 10. oder 15. ist aber so ziemlich alles Ammoniak beim Baumwollflanell verschwunden. Wesentlich anders verhält sich der Wollflanell, der von seinem hohen Ammoniakgehalt in den durch eine oder drei Bewegungen so gut wie nichts abgibt, und selbst nach der 10. und 15. Bewegung noch sehr erhebliche Mengen über die Hälfte der anfänglichen zurückhält.

Die grofse absolute Differenz der einzelnen Versuche dürfte sich teilweise durch einen verschiedenen Ammoniakgehalt in der Luft erklären, auf dessen Konstanthaltung ich bei diesen Versuchen, wo ich nur relative Werte haben wollte, vielleicht nicht immer genügend Sorgfalt verwendet habe. Ich habe die Versuche später nochmals wiederholt, wobei ich die Stoffproben getrocknet anwendete und sie 10 Minuten lang in die Glocke mit Ammoniakdampf brachte. Es sind also diese Versuche mit Stoff von sehr geringem Wassergehalt angestellt. Die Resultate von Tabelle XVIII ergaben diesmal auch eine ziemliche Beständigkeit des Ammoniakgehaltes in dem Baumwollflanell.

Tabelle XVIII.

| Bewegungszahl | Baumwollflanell | | | | Wollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | |
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| ohne | 11,56 | | 6,00 | | 25,95 | | 12,73 | |
| » | 10,71 | 11,23 | 5,71 | 5,81 | 23,57 | 24,76 | 11,82 | 12,27 |
| 10 | 7,31 | | 3,94 | | 22,89 | | 11,60 | |
| 10 | 6,46 | 6,87 | 3,56 | 3,75 | 21,87 | 22,76 | 10,88 | 11,24 |
| 30 | 5,61 | | 2,99 | | 18,81 | | 9,44 | |
| 30 | 4,76 | 5,18 | 2,50 | 2,78 | 19,66 | 19,23 | 9,95 | 9,69 |

Trotz 30 Bewegungen war das $NH_3$ nur auf etwa die Hälfte zurückgegangen. Noch beständiger erwies sich der Ammoniakgehalt des Wollflanells, der nach 30 Bewegungen noch etwa 80% des Anfangsgehalts betrug. Endlich habe ich untersucht, wie sich bei lang fortgesetzten Bewegungen der Ammoniakgehalt gestaltet.

Tabelle XIX.

| Bewegungszahl | Wollflanell | | Baumwollflanell | |
|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ für 100 qcm Stoff | $NH_3$ für 1 g Stoff | $NH_3$ für 100 qcm Stoff | $NH_3$ für 1 g Stoff |
| 100 | 18,64 mg | 9,54 mg | Spur | Spur |
| 200 | 15,92 » | 8,29 » | » | » |
| 500 | 14,05 » | 7,30 » | » | » |
| 1000 | 12,09 » | 6,37 » | » | » |

Es folgt also, dafs der Wollstoff auch nach vielen Bewegungen das Ammoniak aufserordentlich festhält, währenddem der Baumwollflanell nach 100 Bewegungen nur noch Spuren von Ammoniak erkennen läfst (Tabelle XIX.) Jedenfalls ist die Verbindung des Ammoniaks mit dem Wollstoff eine wesentlich festere wie mit der Baumwolle, und es liegt durchaus nahe, an eine chemische Bindung mindestens eines Teils dieses Ammoniaks zu denken. Dafs hygroskopisches Wasser dazu notwendig ist, spricht nicht gegen eine Beteiligung der Wollfaser selbst an der Bindung. Nach den Resultaten des vorigen Versuchs war es interessant, auch einmal Baumwoll- und Wollstoff einfach in der Richtung zu untersuchen, wie lang sie nach einstündigem Aufenthalt in der Ammoniakglocke beim ruhigen Aufhängen im Zimmer ihren Ammoniakgehalt behalten.

## 15. Wie lange bleibt $NH_3$ in den aufgehängten trockenen Kleidungsstoffen enthalten?

Tabelle XX. In der Zimmertemperatur 16—17° C.

| Nach dem Verlassen d. Ammoniakglocke | Wollflanell | | | | Baumwollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | |
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| sofort | 43,80 | | 20,78 | | 17,00 | | 8,55 | |
| » | 48,22 | 46,01 | 24,29 | 22,53 | 18,00 | 17,81 | 9,63 | 9,09 |
| 24 Std. | 11,33 | | 5,82 | | Spur | | Spur | |
| » | 12,01 | 11,67 | 5,79 | 5,80 | » | Spur | » | Spur |
| 48 Std. | 8,75 | | 4,37 | | » | | » | |
| » | 10,65 | 9,70 | 5,35 | 4,86 | » | » | » | » |
| 72 Std. | 8,95 | | 4,42 | | » | | » | |
| » | 7,08 | 8,01 | 3,51 | 3,96 | » | » | » | » |

In dem Brutschrank 37° C.

| Nach dem Verlassen d. Ammoniakglocke | Wollflanell | | | | Baumwollflanell | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | | $NH_3$ f. 100 qcm Stoff | | $NH_3$ f. 1 g Stoff | |
| | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel | Einzeln | Mittel |
| | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| sofort | 40,97 | | 19,52 | | 20,40 | | 11,01 | |
| » | 36,55 | 38,76 | 18,70 | 19,11 | 20,40 | 20,40 | 10,86 | 10,93 |
| 24 Std. | 6,40 | | 3,17 | | Spur | | Spur | |
| » | 5,72 | 6,06 | 2,87 | 3,02 | » | Spur | » | Spur |
| 48 Std. | 8,10 | | 3,84 | | » | | » | |
| » | 8,10 | 8,10 | 3,91 | 3,87 | » | » | » | » |
| 72 Std. | 8,07 | | 4,00 | | » | | » | |
| » | 5,29 | 6,64 | 2,57 | 3,28 | » | » | » | » |

Die Resultate stimmen sehr wohl mit denen des früheren Abschnitts. Wollflanell verliert selbst im Brutschrank in 24 Stunden nur rund $^6/_7$ seines Ammoniakgehaltes und bewahrt selbst 72 Stunden lang die Menge, die nach 24 Stunden noch vorhanden war. Bei Zimmertemperatur ist der Ammoniakgehalt nach 24 Stunden etwa $^1/_5$ des Anfangsgehalts. Beim Baumwollflanell ist dagegen nach 24 Stunden sowohl im Brutschrank als wie bei Zimmertemperatur der Ammoniakgehalt bis auf Spuren verschwunden.

Der Ammoniakgehalt im Wollflanell veranlafste mich, noch eine kleine Versuchsreihe anzustellen, in der ich nach längeren Tagen die Ammoniakmengen in 100 qcm Ammoniak feststellte. Die Resultate der Tabelle sprechen für sich.

Tabelle XXI.

**Wollflanell.**

| Nach dem Verlassen der Ammoniakglocke | Im Zimmer (16—17°) | | Im Brutschrank (37° C) | |
|---|---|---|---|---|
| | $NH_3$ pro 100 qcm Stoff | $NH_3$ pro 1 g Stoff | $NH_3$ pro 100 qcm Stoff | $NH_3$ pro 1 g Stoff |
| 5 Tage | 6,91 mg | 3,45 mg | 4,02 mg | 1,98 mg |
| 9 » | 7,08 » | 3,56 » | 4,02 » | 2,01 » |
| 12 » | 8,09 » | 4,07 » | 2,49 » | 1,23 » |
| 20 » | 6,59 » | 3,22 » | 2,22 » | 1,16 » |

Bis zu 20 Tagen ist bei Zimmertemperatur der nach 24 Stunden vorhandene Ammoniakrest noch vorhanden, also doch höchst wahrscheinlich chemisch gebunden.

Bei Bruttemperatur ist die Abnahme rascher, aber auch hier nach 20 Tagen noch ein geringer Ammoniakgehalt merklich.

Der Geruch nach Ammoniak ist bei Wollflanell bei 37° nach etwa 4 Stunden, bei Zimmertemperatur etwa 16 Stunden lang in Spuren merklich. Baumwollflanell riecht schon nach 1 Stunde sowohl bei Zimmertemperatur wie bei 37° nicht mehr.

Aus all den mitgeteilten Tatsachen möchte ich vermuten, dafs Ammoniak in drei Formen in dem Stoff vorhanden ist:

1. Eine sehr geringe Menge in den Poren,
2. eine gewisse Menge auf der Faser kondensiert,
3. eine gewisse Menge von der Faser chemisch gebunden.

Bei der Wolle möchte ich vermuten, dafs etwa die Hälfte des Ammoniaks chemisch, die Hälfte nur durch Absorption gebunden ist. Bei der Baumwolle spielt die chemische Bindung eine viel bescheidenere Rolle, wenn man überhaupt eine solche annehmen will.

## 16. Absorbieren die Kleidungsstoffe Ammoniak aus einer sehr schwach ammoniakhaltigen Luft?

Das Spülklosett des Hygienischen Instituts zeigt keinen merklichen Ammoniakgeruch. Immerhin versuchte ich durch Aufhängen von Woll- und Baumwollflanell während 31, ein anderes Mal während 28 Tagen eine Ammoniakabsorption zu erhalten. Meine Wollflanellstückchen von 100 qcm nahmen denn auch in der Tat durchschnittlich 4,7 mg (2,2 mg pro 1 g) auf, während die Baumwollstückchen keine deutlichen Resultate geben. Beim zweiten Versuch enthielten die beiden Wollflanellstücke durchschnittlich 3,56 mg (1,67 pro 1 g), und die beiden Baumwollflanellstückchen wieder nur minimale Mengen. Man könnte also, auf diese Versuche gestützt, das Aufhängen von Wollflanellstückchen dazu verwenden, um das Auftreten sehr kleiner Ammoniakmengen in einem Raum zu konstatieren.

## 17. Findet eine Oxydation des Ammoniaks in den Kleidungsstoffen statt?

In sorgfältigen Arbeiten haben Fleck[1]) und Uffelmann[2]) gezeigt, dafs verdünnte Ammoniaklösungen, ohne Mitwirkung von Mikroorganismen in Fliefspapierstreifchen aufgesaugt, an der Luft in salpetrige Säure übergehen. Ich habe das Gleiche für Streifen von Baumwollflanell leicht zeigen können. Meine Versuchsanordnung war folgende: Ich liefs Streifchen von 2 cm Breite und 30 cm Länge mit einem Ende in eine schwache Ammoniaklösung eintauchen und das andere Ende über einen niedrig aufgestellten Becher hängen. Nach 40 Stunden war genügend Flüssigkeit durch Kapillarität abgelaufen, um darin mit Leichtigkeit geringe Mengen salpetriger Säure nachweisen zu können. Ein Kontrollversuch mit Wasser ergab ein negatives Resultat. Selbstverständlich hatte ich mich überzeugt, dafs die von mir angewendete Baumwollflanellsorte nicht selbst von Anfang an kleine Mengen salpetriger Säure enthielt, wie ich dies von verschiedenen meiner Stoffe konstatieren konnte. Als ich die gleichen Versuche mit Wollstreifen machte, bekam ich lauter negative Resultate. Ich habe dann auf Anregung von Herrn Professor Lehmann sehr verdünnte Nitritlösungen mit Wolle zusammengebracht und konstatiert, dafs die salpetrige Säure durch Wolle zum Verschwinden gebracht wurde. Es wirkt also Wolle auf salpetrige Säure etwa wie Harnstoff und gewisse Amidoverbindungen zerstörend ein. Nicht untersucht ist, ob nicht gewisse Ammoniakmengen in der Wolle erst oxydiert und die salpetrige Säure dann wieder denitrifiziert wird. Auch ob sich Mikroorganismen bei diesen Reaktionen beteiligen, habe ich nicht untersucht.

## 18. Über die Absorption verschiedener Riechstoffe durch Kleidungsstoffe.

Als Anhang zu meiner Arbeit habe ich geprüft, wie sich die Kleidung zu verschiedenen riechenden Stoffen verhält, nament-

1) Die Oxydation des Ammoniaks im Brunnenwasser. 12. u. 13. Jahresbericht d. chem. Centralblatts zu Dresden.

2) Oxydation des Ammoniaks im Wasser und im Boden. Archiv f. Hyg., Bd. IV, 82.

lich schien es von Interesse festzustellen, ob Wolle und Baumwolle sich hier verschieden verhalten. Bei der Unmöglichkeit, die absorbierten Stoffe quantitativ zu bestimmen, mufste man sich mit Geruchprüfungen zufrieden geben und um Irrtümer auszuschliefsen, die Versuche möglichst wiederholen.

Tabelle XXII.

**Thymol.** (Versuchsdauer 23 Stunden.)

| Nach dem Herausnehmen | Wollflanell | Baumwollflanell |
|---|---|---|
| sofort | stark | stärker als Wolle |
| 1 Stunde | gut | gut |
| 2 Stunden | gut | Spur |
| 4 Stunden | schwach | Spur |
| 6 Stunden | schwach | — |

**Thymol.** ($3^1/_2$ Stunden in Thymoldampf.)

| Nach dem Herausnehmen | Wollflanell | Baumwollflanell |
|---|---|---|
| sofort | gut | stärker als Wolle |
| 1 Stunde | schwach | gut |
| 3 Stunden | schwach | schwach |
| 4 Stunden | Spur | Spur? |

**Tabakrauch.**

3 Stunden im starken Tabakrauch.

| Nach dem Herausnehmen | Wollflanell | Baumwollflanell |
|---|---|---|
| sofort | stark | stark |
| 2 Tage | gut | schwach |
| 5 Tage | — | Spur |
| 6 Tage | — | Spur |

15 Stunden im starken Tabakrauch.

| Nach dem Herausnehmen | Wollflanell | Baumwollflanell |
|---|---|---|
| sofort | sehr stark | sehr stark |
| 1 Tag | sehr stark | stark |
| 8 Tage | Spur | Spur |

30 Minuten im starken Tabakrauch.

| Nach dem Heraus-nehmen | Woll-flanell grau | Woll-flanell tiefblau | Woll-flanell weifs | Bieber weifs | Köper weifs | Baumwoll-flanell (b) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| sofort | stark | stark | stark | sehr stark | sehr stark | sehr stark |
| 1—2 Tage | stark | stark | stark | stark | stark | stark |
| 13 Tage | Spur | schwach | schwach | — | Spur | schwach |
| 20 Tage | — | — | Spur | — | Spur | Spur |

20 Stunden lang im starken Tabakrauch.

| Nach dem Herausnehmen | sofort | 1 Tag | 8 Tage | 9 Tage | 11 Tage |
|---|---|---|---|---|---|
| Wollflanell I . . . . | stark | stark | schwach | schwach | Spur |
| › II . . . . | stark | schwach | — | — | — |
| › III . . . . | sehr stark | schwach | schwach | schwach | Spur |
| Kaschmir . . . . . | stark | schwach | — | — | — |
| Cheviot . . . . . . | stark | Spur | — | — | — |
| Baumwollflanell (b) . . | stark | stark | Spur | — | — |
| Köper . . . . . . . | sehr stark | stark | Spur | Spur | — |
| Bieber . . . . . . . | stark | stark | Spur | Spur | — |
| Baumwolltuch . . . . | stark | schwach | — | — | — |
| Schirting . . . . . | stark | schwach | — | — | — |

**Kreosotdampf.** 3 Stunden im Kreosotdampf.

| Nach dem Herausnehmen | Wollflanell | Baumwollflanell |
|---|---|---|
| sofort | stark | stärker als Wolle |
| 2 Stunden | Spur | schwach |
| 1 Tag | — | schwach |
| 3 Tage | — | Spur |

**Kampherdampf.** 20 Stunden im Kampherdampf.

| Nach dem Herausnehmen | sofort | $1^1/_2$ Std. | 5 Std. | 8 Std. | 24 Std. |
|---|---|---|---|---|---|
| Bieber . . . . . . . . | schwach | Spur | Spur | — | — |
| Baumwollflanell . . . | schwach | — | — | — | — |
| Köper . . . . . . . | stark | Spur | — | — | — |
| Baumwolltuch . . . . | schwach | — | — | — | — |
| Wollflanell I (weifs) . . | schwach | schwach | Spur | Spur | — |
| › II (grau) . . | schwach | — | — | — | — |
| › III (tiefblau) . | stärker | Spur | — | — | — |

4 Stunden im Kampherdampf.

| Nach dem Herausnehmen | Kaschmir | Schirting | Cheviot |
|---|---|---|---|
| Sofort | schwach | stark | Spur |
| 3 Stunden | Spur | Spur | — |

**Bergamottöl.**

| | 3 Stunden im Bergamottöldampf | | $15^1/_2$ Stunden im Bergamottöl | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nach dem Herausnehmen | | | | | |
| | sofort | 25 Min. | sofort | $1^1/_2$ Std. | 2 Std. | 4 Std. |
| Kaschmir | schwach | — | gut | schwach | Spur | — |
| Wollflanell I (weiſs) | stark | Spur | stark | schwach | Spur | Spur |
| Baumwollflanell (b) | stark | — | gut | Spur | — | — |
| Wolltrikot | schwach | Spur | stark | Spur | — | — |
| Baumwolltrikot | schwach | Spur | gut | schwach | Spur | — |
| Schirting | gut | Spur | gut | — | — | — |

**Jodoform.**

18 Stunden im Jodoformdampf.

| | Nach dem Herausnehmen | | |
|---|---|---|---|
| | sofort | $1^1/_2$ Std. | $6^1/_2$ Std. |
| Wollflanell I | gut | schwach | Spur |
| Baumwollflanell (b) | stark | schwach | Spur |
| Kaschmir | gut | — | — |
| Schirting | stark | — | — |

**Buttersäure.**

46 Stunden im Buttersäuredampf.

| | Nach dem Herausnehmen | | | |
|---|---|---|---|---|
| | sofort | 1 Tag | 8 Tage | 21 Tage |
| Wolltrikot | stark | gut | schwach | — |
| Baumwolltrikot | stark | schwach | schwach | — |
| Wollflanell I | stark | gut | schwach | Spur |
| Baumwollflanell (b) | stark | schwach | schwach | Spur |
| Kaschmir | stark | schwach | — | — |
| Schirting | stark | schwach | schwach | — |

**Übersichtstabelle.**

| | Es bleibt der Geruch länger | |
|---|---|---|
| | im Wollstoff | im Baumwollstoff |
| Thymol | etwas länger | — |
| Tabakrauch | oft etwas länger | — |
| Kreosot | — | länger |
| Kampher | etwas länger | — |
| Bergamottöl | etwas länger | — |
| Jodoform | gleich | gleich |
| Buttersäure | gleich | gleich |

Nach dem Gesagten verhalten sich die Riechstoffe etwas verschieden zu den Geweben, so wird Thymol etwas stärker von Baumwollflanell als von Wollflanell aufgenommen, auch andere Riechstoffe scheint die Baumwolle im Momente des Herausnehmens und einige Zeit nachher reichlich zu enthalten. Mit der Zeit verliert die Baumwolle meist die Gerüche früher, nur Kreosot scheint eine Ausnahme zu machen. Es liegt nahe, diese Beobachtungen in Vergleich zu setzen, mit der Abgabe und Aufnahme anderer Stoffe, namentlich des Wassers, ich selbst konnte mich dieser Frage nicht mehr widmen, grofse Vorsicht wird bei der Beurteilung des Verhaltens aller der Substanzen notwendig sein, die sich einer quantitativen Bestimmung entziehen.[1]) Jedenfalls sind noch weitere Versuche nötig.

Zum Schlufs erfülle ich die angenehme Pflicht, dem Herrn Professor K. B. Lehmann für die Anregung zur Bearbeitung dieses Themas und die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit meinen herzlichen Dank auszudrücken.

1) Die Versuche über die Absorption von Riechstoffen durch Kleidungsstoffe, die ich hier mitteile, sind schon vor zwei Jahren von Dr. P. Hofmann, damaligen Assistenten des hygienischen Institutes, auf Anregung von Herrn Prof. Lehmann, begonnen worden. Die Versuche wurden damals aufgegeben, weil es nicht recht gelingen wollte, die absorbierten Stoffe chemisch quantitativ zu bestimmen. Der damals verwendete Baumwollstoff übertraf einige Zeit nach dem Herausnehmen aus dem riechenden Dampf den Wollstoff häufiger an Geruch als dies in meinen Versuchen der Fall war.

# Über die Zersetzungsvorgänge in schmutziger Unterkleidung.

Von

Dr. **Ch. Yokote,**
a. o. Professor aus Tokio.

(Aus dem hygienischen Institut in Würzburg.)

Chelius[1]) hat in seiner Dissertation gezeigt, dafs in schmutzigen Strümpfen starke Zersetzungsvorgänge vorkommen, speziell hat er das Ammoniak, das sie abgeben, bei Zimmer- und Bruttemperatur ermittelt. Er fafste dabei das Ammoniak als Spaltprodukt des Harnstoffes auf, konstatierte die Zunahme der Zersetzung mit der Temperatur und machte darauf aufmerksam, dafs in Baumwollstoffen stärkere Schmutzmengen sich finden und viel stärkere Zersetzungen vor sich gehen als in Wollstoffen.

Meine Versuche habe ich an zwei Hemden vorgenommen, welche ich von Arbeitern erwarb, die dieselben viele Wochen lang getragen hatten. Ich habe meine Untersuchungen nicht auf die Ammoniakbestimmung beschränkt, sondern namentlich auch die Kohlensäure bestimmt, da ja anzunehmen war, dafs die Kohlensäuremenge, die schmutzige Kleidung liefert, viel gröfser sein mufs als die Ammoniakmenge. Wird doch das Ammoniak von etwa gleichzeitig aufgetretenen Säuren der Fettsäurereihe begierig gebunden.[2])

1) Über die Zersetzung in der Kleidung. Dissert. aus der Universität Marburg, 1891.

2) Auch die Gewebe, besonders Wollstoffe, binden erheblich Ammoniak, wie Chelius auch fand und ich eingehend studiert habe. Vgl. die vorige Arbeit.

Zweitens hatte ich mir die Aufgabe gestellt, zu ermitteln, ob bei diesen Zersetzungsprozessen wohl eine bakterielle Ursache anzunehmen sei.

Besonders interessant erscheinen mir diese Untersuchungen im Hinblick darauf, dafs Rubner und Schierbeck[2]) gefunden haben, dafs eine nennenswerte Kohlensäurebildung in der Kleidung reinlicher Menschen bei Zimmertemperatur nicht stattzufinden pflegt. Rubner hat z. B. gezeigt, dafs man aus den rasch vom Leibe gezogenen und zu einem Bündel aufgeschichteten Kleidern eines Menschen nur noch kurze Zeit eine Luft extrahieren kann, die kohlensäurereicher ist als die Zimmerluft. Schierbeck wies nach, dafs die Kohlensäureausscheidung des Menschen von der Haut aus ungefähr die gleiche ist, ob er gewöhnliche oder ganz frisch gewaschene Kleider trägt. In Erweiterung dieser Angaben habe ich nun gefunden, dafs mindestens unter gewissen Bedingungen erhebliche Kohlensäuremengen aus sehr schmutziger Kleidung erhalten werden.

### I. Versuch.

Das Material des ersten Versuchs stellte ein äufserst schmutziges Baumwolltrikothemd dar, das ein Arbeiter angeblich vier Monate lang unausgesetzt bei der Arbeit getragen hatte. Dasselbe war für das Auge und für die Nase gleich stark verunreinigt. Es verbreitete auch bei Zimmertemperatur einen stark unangenehmen Geruch. Um etwas Quantitatives über den Schmutzgehalt der Kleidung aussagen zu können, habe ich zwei Stücke des Hemds, einmal die eine Achselhöhle und zweitens ein Stück aus dem Rücken auf Chlornatrium und Ammoniak untersucht. Die Untersuchungsmethode bestand darin, dafs das Stoffstück längere Zeit sehr sorgfältig ausgewaschen wurde und, dafs in dem wäfsrigen Auszug in einer Probe nach Schlösing das Ammoniak[3]), in einer andern unter ganz vorsichtigem Veraschen der Chlornatriumgehalt bestimmt wurde. Die Resultate der Versuche sind in der kleinen Tabelle (S. 160) niedergelegt.

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XV.

2) Archiv f. Hygiene, Bd. XVI.

3) Eine zweite Bestimmung habe ich so gemacht, dafs ich den wäfsrigen Auszug mit Säure versetzte, konzentrierte und dann mit Natronlauge destillierte. Ich fand jetzt pro 1 g Hemd 4,25 mg $NH_3$. Der höhere Wert erklärt sich offenbar daraus, dafs durch diese Methode der Harnstoff ganz oder teilweise in Ammoniak überging.

Tabelle I.

| Verwendetes Material | | | Waschverlust | NaCl | | | $NH_3$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Teil des Hemdes | Gewicht | Gröfse | | gesamt | f. 1 g Stoff | f. 1 qcm Stoff | gesamt | f. 1 g Stoff | f. 1 qcm Stoff |
| | g | qcm | | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| Achselhöhle | 4,5 | 126 | 1,55 g (34,4%) | 334,3 | 74,3 | 2,7 | 11,9 | 2,6 | 0,09 |
| Rücken . . | 3,7 | 144 | 1,15 g (33,1%) | 169,3 | 45,7 | 1,2 | 9,5 | 2,5 | 0,07 |

Die weiteren Versuche wurden nun in folgender Weise gemacht. Die ganze rechte Hälfte des Hemds wurde in eine grofse, ca. 4 l Luft enthaltende Flasche gebracht, die Flasche mit einem doppelt durchbohrten Gummistöpsel verschlossen, durch die Öffnungen zwei Glasröhren gesteckt, von denen die eine bis auf den Boden der Flasche reichte. Ich saugte nun einen Luftstrom durch die Flasche. Die eintretende Luft passierte nacheinander konzentrierte Schwefelsäure, Nesslers Reagens, Natronlauge und Barytwasser, um sicher zu sein, dafs die Luft frei von Kohlensäure und Ammoniak sei. Die abströmende Luft passierte eine Vorlage, gefüllt mit $^1/_{10}$ Normalschwefelsäure, und einige Pettenkofersche mit Barytwasser gefüllte Röhren. Meine Idee, das Ammoniak titrimetrisch zu bestimmen, erwies sich nicht als ausführbar. Die Titerabnahme der Schwefelsäure war stets geringer als das gebundene Ammoniak, was ich mir so erkläre, dafs in der verdünnten Schwefelsäure auch gewisse Mengen von Fettsäure absorbiert wurden, welche aus den Kleidungsstoffen stammen. Ich bestimmte deswegen das Ammoniak kolorimetrisch mit Nefslerschem Reagens, was bei einiger Übung ganz gute Resultate gibt. Die Versuche wurden in der Weise variiert, dafs ich zunächst die Ammoniak- und die Kohlensäureabgabe bei 17° und ohne Befeuchtung des Stoffes untersuchte, dann die gleiche Untersuchung bei 33° vornahm. Wie die Tabelle zeigt, ist in beiden Fällen die Ammoniakabgabe minimal, die Kohlensäureabgabe sehr klein gewesen, und meine Resultate stimmen soweit vollständig mit denen von Rubner und Schierbeck. Als ich dagegen den Stoff befeuchtete (auf 166 g Hemd wurden 100 g destilliertes Wasser zugegeben, zeigten sich schon bei 17° merkliche, bei 35—50° erhebliche, und bei 65° aufserordentlich grofse

Mengen von Ammoniak und Kohlensäure, welche aus der folgenden Tabelle näher ersehen werden können.

Tabelle II.

**Menge des $NH_3$ und der $CO_2$, welche von einer Hälfte des Hemdes 166,0 g pro 1 Stunde produziert wurde.**

| Temperatur | Feuchtigkeit | $NH_3$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|
| ° C | | mg | mg |
| 17 | mäfsig trocken | — | 0,04 |
| 33 | › | Spur | 0,94 |
| 17 | nafs | 0,03 | 20,74 |
| 35 | › | 2,50 | 36,00 |
| 41 | › | 7,50 | 35,86 |
| 50 | › | 11,33 | 43,81 |
| 65 | › | 40,00 | 151,00 |

**II. Versuch.**

Dieser Versuch wurde mit einem Shirtinghemd angestellt, welches ein Arbeiter angeblich sieben Wochen unausgesetzt getragen hatte. Dasselbe war stark beschmutzt und übelriechend.

Tabelle III.

| Teil des Hemdes | Gewicht | Flächengröfse | Waschverlust | NaCl gesamt | NaCl f. 1 g Stoff | NaCl f. 1 qcm Stoff | $NH_3$ gesamt | $NH_3$ f. 1 g Stoff | $NH_3$ f. 1 qcm Stoff |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | g | qcm | | mg | mg | mg | mg | mg | mg |
| Rücken | 6,5 | 368,0 | 1,2 g (18,4%) | 50,0 | 7,7 | 0,13 | 5,0 | 0,77 | 0,013 |

Das Hemd war also längst nicht so schmutzig wie das erste. Ich untersuchte wieder die rechte Hälfte dieses Hemdes nach der Methode von Versuch I. Die Resultate waren ganz ähnlich, nur waren die Zahlen ganz niedrige. Sie sind in Tabelle IV niedergelegt.

Tabelle IV.

**Menge des $NH_3$ und der $CO_2$, welche von einer Hälfte des Hemdes (130 g) pro 1 Stunde produziert wurden.**

| Temperatur | Feuchtigkeit | $NH_3$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|
| 17° C | mäfsig trocken | Spur | 2,92 mg |
| 17° › | nafs | › | 15,72 › |
| 37° › | › | 0,25 mg | 29,95 › |
| 60° › | › | 0,88 › | 27,51 › |

### III. Versuch.

Ich liefs mir selbst ein Hemd anfertigen, dessen linke Hälfte aus weifsem Wollflanell, dessen rechte Hälfte aus weifsem Baumwollflanell bestand. Es wurde von mir 22 Tage lang täglich 14 Stunden vom 1. bis 23. November getragen. Während dieser Zeitdauer nahm ich dreimal ein Bad und schwitzte nur einmal etwa 30 Minuten lang merklich. Am Schlufs der Versuchszeit schien die wollene Hälfte nicht schmutzig, die baumwollene Hälfte an der inneren Hälfte etwas schmutzig. Der Geruch des Hemdes war gering. Ein deutlicher Unterschied des Geruchs der beiden Hälften war nicht anzunehmen. Die folgende Tabelle zeigt wieder die Resultate eines analogen Versuchs, wie ich ihn mit den Arbeiterhemden vorgenommen habe. Ammoniak war aus diesem schwach schmutzigen Hemd nicht zu gewinnen und auch die Kohlensäureabgabe blieb unter den extremsten Bedingungen, hohe Temperatur und Feuchtigkeit, sehr klein.

Tabelle V.

**Menge der Kohlensäure und des Ammoniaks, welche von der linken Hälfte, Wollflanell, des Hemdes (90,0 g) pro 1 Stunde produziert wurden.**

| Temperatur | Feuchtigkeit | $NH_3$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|
| 16° C | mäfsig trocken | 0 | 0 |
| 37° » | » | 0 | 0,87 mg |
| 37° » | nafs | 0 | 3,28 » |
| 50° » | » | 0 | 2,95 » |

**Menge des $CO_2$ und $NH_3$, welche von der rechten Hälfte, Baumwollflanell, des Hemdes (90,0 g) pro 1 Stunde produziert wurden.**

| Temperatur | Feuchtigkeit | $NH_3$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|
| 16° C | mäfsig trocken | 0 | 0 |
| 37° » | » | 0 | 1,64 mg |
| 37° » | nafs | 0 | 2,62 » |
| 50° » | » | 0 | 2,29 » |

Ich untersuchte hierauf beide Hälften auf Chlornatrium und Ammoniak und fand folgende Zahlen:

Tabelle VI.

| | Na Cl | $NH_3$ |
|---|---|---|
| Linke Hälfte von dem Wollflanell 90,0 g . . . | 46,8 mg | 13,0 mg |
| Rechte Hälfte von dem Baumwollflanell 90,0 g . | 57,2 » | 78,0 » (?) |

Die Ammoniakbestimmung wurde diesmal kolorimetrisch im wässerigen Auszug ausgeführt. Schliefslich habe ich noch einen

**IV. Versuch**

ausgeführt, um zu sehen, ob die reinen Stoffe Kochsalz und Ammoniak enthielten, resp. ob sie beim Erwärmen im trockenen oder feuchten Zustand Ammoniak und Kohlensäure abgäben.

Das Resultat war, dafs in 100 g Stoff einige mg Chlor und kein Ammoniak gefunden wurde.

Tabelle VII.

**Menge des $NH_3$ und der $CO_2$, welche von dem neuen Wollflanell (88 g) produziert wurden.**

| Temperatur | Feuchtigkeit | $NH_3$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|
| 16° C | mäfsig trocken | 0 | 0 |
| 37° » | » | 0 | 1,2 mg |
| 15° » | nafs | 0 | Spur |
| 37° » | » | 0 | 2,91 mg |

**Menge des $NH_3$ und der $CO_2$, welche von dem neuen Baumwollflanell (71 g) produziert wurden.**

| Temperatur | Feuchtigkeit | $NH_3$ | $CO_2$ |
|---|---|---|---|
| 16° C | mäfsig trocken | 0 | 0 |
| 37° » | » | 0 | 1,75 mg |
| 16° » | nafs | 0 | Spur |
| 37° » | » | 0 | 2,27 mg |

Wie die Tabelle zeigt, war die Ammoniakabgabe 0, die Kohlensäureabgabe eine spurweise, etwa in gleicher Gröfse, wie bei dem von mir 22 Tage lang getragenen Hemd. Man wird also mit Rubner und Schierbeck von der wenig beschmutzten Kleidung keine Verunreinigung in der Luft erwarten dürfen. Erst wenn dasselbe sehr schmutzig und gleichzeitig feucht und warm ist, sind die Mengen Kohlensäure und Ammoniak, die abgegeben werden, beträchtlicher. Dieser Fall tritt eigentlich praktisch fast nur ein, wenn das schmutzige Hemd auf dem Leib durch Schweifs erwärmt und durchfeuchtet ist. Ein solches Hemd, feucht ausgezogen und zusammengelegt aufbewahrt, ist eine bescheidene

Quelle von Verunreinigung, solange der Aufbewahrungsort nicht heifs ist. Dann können allerdings gröfsere Mengen feuchter und schmutziger Wäsche die Luft in einem Raume nicht unwesentlich verunreinigen. Dagegen ist die Verunreinigung durch trockene schmutzige Wäsche niemals bedeutend.

Es wäre nur noch die Frage zu diskutieren, ob die verstärkte Kohlensäureproduktion bei höheren Temperaturen ein rein chemischer oder ein biologischer Vorgang ist. Ich glaube die Tatsache allein, dafs das Optimum bei 65° liegt oder vielmehr der Umstand, dafs ich bei der höchsten Temperatur (65°), die ich anwendete, die besten Resultate erhielt, beweist schon, dafs man an einen chemischen und nicht an einen bakteriellen Vorgang denken mufs. Denn gröfsere Mengen thermophiler Bakterien in der Kleidung anzunehmen, ist an sich nicht wahrscheinlich, und dann würden doch auch diese Bakterien nicht sofort nach Befeuchten und Erwärmen der Kleidung ihre Arbeit in grofsem Mafsstab zu beginnen in der Lage sein. Sie müfsten sich doch erst vermehren. Die direkten Versuche aus einem Hemd, das längere Zeit bei 50° behandelt war, Kolonien auf Gelatine zu gewinnen, fielen zwar positiv aus, doch war die Kolonienzahl eine sehr kleine. Höchst wahrscheinlich wird die Kohlensäure und Ammoniakbildung auf eine Harnstoffspaltung bei höheren Temperaturen zurückzuführen sein.

Zum Schlufs erfülle ich die angenehme Pflicht meinem Lehrer, Herrn Prof. K. B. Lehmann, für die Anregung zur Bearbeitung dieses Themas und die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

---

# Über die Isolierung gärungserregender Enzyme aus Kuh- und Frauenmilch.

Von

**Julius Stoklasa,**

unter Mitwirkung von **F. Černý, Johann Jelínek, Eugen Šimáček** und **Eugen Vítek.**

(Aus der chem.-physiologischen Versuchsstation der k. k. böhm.-techn. Hochschule in Prag.)

Escherich hat die Hypothese aufgestellt, dafs in der Frauenmilch sich Fermente befinden, welche die Assimilation der Nahrung seitens des Säuglings herbeiführen, so dafs bei künstlich ernährten Kindern neben den Schwierigkeiten, welche sie in den Verdauungswegen zu überwinden haben, auch noch Störungen in der Assimilation und Verwertung des aufgenommenen Nahrungsmaterials, also im intermediären Stoffwechsel, vorhanden sind.

Auf Anregung Escherichs wurden die Enzyme der Milch von hervorragenden Forschern studiert; ich führe nur die Arbeiten von Arnold, Babcock, Russel, Raudnitz, Storels, Vivian u. a. m. an.

Aus neueren Arbeiten geht hervor, dafs die Frauenmilch Amylase, ein tryptisches Ferment, Lipasen, aber keine Oxydasen enthält, während in der Kuhmilch neben anderen Fermenten Oxydasen, jedoch keine Amylasen nachweisbar sind.

Die Isolierung der Enzyme aus der Milch neben einer so ungeheuren Menge von Mikroben, durch welche dieselbe ausgezeichnet ist, gestaltet sich als eine überaus schwierige Arbeit und erfordert eine gewisse Routine in der vollständigen Trennung

der chemischen Prozesse, die durch die Enzyme in der Milch hervorgerufen werden von den Enzymen der Bakterien, die in derselben enthalten sind.

Wir schreiten zunächst zur Erörterung des Charakters der Enzyme aus der Kuhmilch.

## Enzyme aus Kuhmilch.

Duclaux sagt in seinem Werke: »Principes de laiterie«: »Die Milch ist frei von Mikroben, wenn sie von einem gesunden Euter sezerniert wird.« Diese Anschauung findet nach den neuesten Untersuchungen keinen Anklang. Aus den Beobachtungen von Schulz, Larsen, Barthel, Backhaus, Oppel und Freudenreich, von Freudenreich und Thöni, Lux etc. geht hervor, dafs von einer keimfreien Milchdrüse überhaupt keine Rede sein könne.

Der Keimgehalt der Milch, wenn er auch zu Beginn, gleich nach der Melkung, unbedeutend wäre, steigt in vielen Fällen, wie uns die Erfahrung lehrt, in ungeheurem Mafse. Die Zahl der Mikroorganismen erhöht sich, wenn die Milch längere Zeit in den Aufbewahrungsgefäfsen gestanden hat.

Nicht selten sind wir in der Lage, 1—10 Millionen Keime in 1 ccm Milch zu konstatieren; ja es sind Fälle bekannt, dafs in der gemolkenen Milch bis 20 Millionen Keime pro ccm festgestellt werden konnten.

Man kann sich nun vorstellen, welche Vorsicht bei dem Studium der Enzyme aus Milch notwendig ist.

Wir haben nach einer Reihe vergeblicher Experimente den weiter unten angedeuteten Modus gewählt, welcher uns unter 60 Versuchen 18 mal gelungen ist, so dafs bei diesen 18 Versuchen mit voller Bestimmtheit konstatiert werden konnte, dafs der Chemismus der Gärung ausschliefslich durch Enzyme, welche sich in der Milch befanden, und bei welchen die Mitwirkung von Mikroben vollständig ausgeschlossen war, hervorgerufen wurde.

Von der Gegenwart oder Abwesenheit der Mikroben überzeugten wir uns durch Überimpfung auf Milchgelatine und auf Milchagar.

## Isolierung der Rohenzyme.

Zur Isolierung der Enzyme wurden gewöhnlich 2—3 l frisch gemolkener Kuhmilch verwendet.

Diese wurde in einen hohen Zylinder gegossen, welchen man vor dem Gebrauche mit Sublimat und sterilisiertem Wasser ausschweifte, worauf ein gleiches Quantum absoluten Alkohols hinzugegossen wurde. Zum Schlusse fügt man sofort die $1^1/_2$-fache Quantität Äthers hinzu. Z. B. auf 2 l Milch wurden 2 l Alkohol und 3 l Äther verwendet. Allsogleich nach erfolgter Hinzufügung des Äthers wird der ganze Zylinderinhalt in einen anderen Zylinder übergegossen, wobei sich rasch ein reichlicher, käsiger Niederschlag ausscheidet, der schnell zu Boden des Gefäfses sinkt.

Bei dieser Gelegenheit mufs bemerkt werden, dafs sich bis nun für diese Art der Isolierung der Rohenzyme fixe Vorschriften nicht geben lassen, da die Menge des Alkohols und des Äthers, welche zur Isolierung benutzt werden, sich nach der Qualität der Milch richtet. Es läfst sich jedoch annehmen, dafs die Isolierung der Rohenzyme aus Milch dann richtig durchgeführt wurde, wenn der Niederschlag sich sofort abscheidet, und zwar in grofsen Stücken, welche rasch zu Boden sinken.

## Filtration des Niederschlages, welcher das Rohenzym enthält.

Der ganze Vorgang bei Fällung der Milch mufs rasch vorgenommen werden, so dafs Alkohol und Äther nur möglichst kurze Zeit auf das Enzym einzuwirken vermögen und infolgedessen seine Aktivität nicht abschwächen. Die Flüssigkeit über dem Niederschlag wird deshalb rasch abgegossen oder abgehebert und der so gewonnene, das gärungserregende Enzym enthaltende Niederschlag sofort abfiltriert. Die Filtration läfst sich am schnellsten mittels Leinwand bewerkstelligen. Auf die sterile Leinwand wird die erhaltene Masse aufgeschüttet und auf die Weise des noch anhaftenden Alkohols und Äthers entledigt, dafs man mit dem Filter auf und ab gerichtete, hutschenartige Bewegungen ausführt. War das das Enzym enthaltende Sediment (Rohenzym) gut ausgeschieden, so ist die Filtration in einigen Sekunden vollzogen.

## Trocknung des das Enzym enthaltenden Niederschlages.

Das so filtrierte Rohenzym wurde entweder im Vakuum oder in sterilen, zu diesem Zwecke besonders arrangierten Kolben getrocknet.

Diese Kolben waren, wie folgt, zusammengestellt: In den Hals jedes der Kolben war ein dreifach gebohrter Kautschukstöpsel eingepafst. Durch die eine dieser Öffnungen ging eine ziemlich breite, knieförmig gebogene Röhre, welche bis fast an den Boden des Kolbens reichte und mit Watte gefüllt war. In die zweite Öffnung des Stopfens war eine kurze, gerade Röhre gesteckt, die ebenfalls mit Watte gefüllt war, und knapp unter dem Stopfen mündete. Die dritte Öffnung war mittels einer Glasstange verschlossen, welche, sobald die Kolben einer dreifachen fraktionierten Sterilisation unterworfen waren, durch ein Thermometer ersetzt wurde. Das Thermometer wurde, bevor man es in den betreffenden Kolben eingelassen hatte, gründlich mit einer Sublimatlösung abgewaschen und dann auf die Weise abgesengt, dafs es in Alkohol getaucht und die sehr schwache Alkoholschichte angezündet wurde.

Sodann erfolgte die Wägung jedes der Kolben.

Unter Beobachtung aller Kautelen gegen die Invasion von Mikroben wurde hierauf in die Kolben ein bestimmtes Quantum des ausgesüfsten Niederschlages eingetragen und dessen Trocknung durchgeführt. Die Kolben mit dem Enzym wurden nämlich in kupferne Trockenapparate getan, in welchen eine Temperatur von ca. 30—35° C erhalten und sterilisierte Luft in starkem Strome in der Weise durchgetrieben worden ist, dafs die kurze, unterhalb des Stopfens in den Kolbenhals mündende Röhre mit einer Wasserpumpe in Verbindung gebracht wurde, während die längere Röhre, welche fast bis an den Boden des Kolbens reichte, mit etlichen Waschflaschen, die eine konzentrierte Lösung von Sublimat enthielten, und mit etlichen Zylindern, in deren, mit steriler Watte gefülltem Innern mehrere übereinander geschichtete Lagen feinkörnigen Thymols untergebracht waren, verbunden worden ist.

## Der eigentliche Versuch.

Nachdem das Rohenzym durch die Trocknung vollständig vom Alkohol und Äther befreit worden war, wurden die Kolben neuerdings gewogen und nach Abschlag des ursprünglichen Gewichtes die Gewichtsmenge des Rohenzyms fixiert, welche zum Versuche verwendet wurde. In die Kolben wurde nun ein Antiseptikum getan und eine entsprechende Zucker-, und zwar vorwiegend Laktose-Lösung hinzugegossen, welche man vorher einer dreifachen, fraktionierten Sterilisation unterwarf.

Es gelangten 50 ccm der Lösung zur Verwendung, während das Gewicht des Rohenzyms 9—15 g betrug.

In dem Falle, wo nach dem Versuche der Verlust an Laktose bestimmt wurde, gingen wir in der Weise vor, dafs die Zuckerlösung nicht in die Kolben mit dem getrockneten Rohenzym gegossen, wobei stets bedeutende Verluste an Saccharose entstehen, sondern dafs das getrocknete und abgewogene Rohenzym in die entsprechende, quantitativ vorbereitete Laktoselösung hineingeschüttet wurde.

Der für diese Zwecke verwendete, das Rohenzym enthaltende Niederschlag wurde allerdings nicht im Kolben getrocknet, sondern im Vakuum, welches vorher gründlich mit Formalin ausgewaschen, worauf es luftdicht verschlossen und mit der Luftpumpe verbunden wurde.

Der Niederschlag wird behufs Studiums der Gärwirkung in eine 50proz. sterilisierte Laktoselösung getan. Die Versuche mit dem die Gärung hervorrufenden Rohenzym wurden in folgender, auf der nebenstehenden Abbildung (siehe Fig. I) deutlich veranschaulichten Weise durchgeführt. Durch den Hals des Gasentwicklungskolbens *G*, welcher 500 ccm fafst, geht ein genaues Thermometer *t*, weiter eine Röhre mit einem zylindrischen Trichter *T* und schliefslich eine Gasabführungsröhre, welche mit einem Liebigschen Kühler *K* verbunden ist.

In dem Trichter *T* befindet sich ein Stückchen Thymol im Gewichte von 1—2 g. Der Kühler ist mit 2 **U**-Röhren $CuSO_4$ und $Ca Cl_2$ gröfseren Kalibers, die mit Kupfervitriolbimsstein und Chlorkalzium gefüllt sind, verbunden.

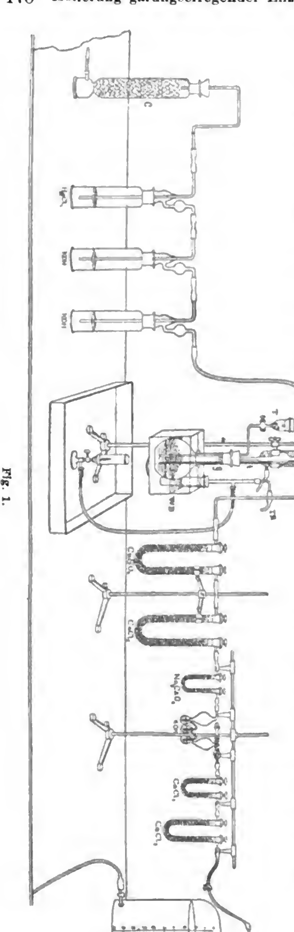


Fig. 1.

Die Luft, welche durch den Gasentwicklungskolben getrieben wurde, passiert zuerst einen, mit sterilisierter Baumwolle gefüllten Zylinder *C*, dann die Sublimatlösung $HgCl_2$ und weiter die Lösung KOH. Der Entwicklungskolben *G* befindet sich in einem kupfernen Wasserbade *WB*, welches bis an den Hals des Kolbens hinanreicht, und in welchem ein gut fungierender Äther-Thermoregulator *TR* angebracht ist. Auf der Figur finden wir ferner hinter der mit $CaCl_2$ gefüllten **U**-Röhre eine kleinere $Na_2$-$CaO_2$, die mit Natronkalk gefüllt ist; ihr folgt weiter der Geifslersche Apparat *KOH*, worauf noch zwei weitere **U**-Röhren, eine kleinere und eine gröfsere $CaCl_2$ und $CaCl_2$, mit Chlorkalzium gefüllt, vorgelegt sind, und endlich sehen wir einen Aspirator das Apparat-arrangement schliefsen.

Alle Verbindungsstellen des ganzen Arrangements wurden mit Paraffin vergossen und der Inhalt des Kolbens *G* auf

eine Temperatur von 37° C gebracht, welche konstant durch die ganze Dauer des Versuchs erhalten wurde.

Das durch die Gärung entstandene Kohlendioxyd wurde alle 24 Stunden mittels keim- und kohlensäurefreier Luft und zwar von 6 l innerhalb dreier Stunden ausgetrieben und gewogen.

## Manipulation nach Beendigung des Versuchs.

Nachdem der Versuch beendet war, d. i. nachdem kein wägbares Quantum von Kohlendioxyd gefunden werden konnte, impften wir aus dem Versuchskolben 3—4 Milchgelatine- und Milchagarröhren, welche ebensolange beobachtet wurden, als der Versuch dauerte. Aufserdem bereiteten wir zu jedem Versuche einen Kontrollkolben in folgender Weise vor.

Die gleiche Menge des Rohenzyms als auch der Laktoselösung, wie sie zum ursprünglichen Versuche verwendet wurden, kochten wir durch eine Stunde im Kolben auf dem Sandbade, worauf die Wägung des Kolbens und eine dreifache, fraktionierte Sterilisation folgte. Dabei sahen wir darauf, dafs die Lösung stets in demselben Konzentrationsgrade bleibe.

In diese Kolben wurden soviel und solche Antiseptika getan, als ihrer der ursprüngliche Versuch enthielt und mittels einer sterilen Pipette übertrugen wir hierauf 5 ccm der Gärflüssigkeit nach absolvierter Gärung samt Niederschlag des Originalversuchs in dieselben.

Der Kontrollkolben wurde sodann wieder mit einem Kühler und einem Absorptionsapparate verbunden und hierauf täglich, wie beim ursprünglichen Versuche, die Menge des entstandenen Kohlendioxyds bestimmt.

## Analytische Methoden.

Der Inhalt der Versuchskolben wurde nach der Gärung auf 500 ccm verdünnt und in jede der erhaltenen Portionen der Alkohol, die Milchsäure und das Kohlendioxyd in der Lösung bestimmt. In gewissen Versuchen, welche wir in grofsem Mafsstabe ausführten, haben wir die flüchtigen und nichtflüchtigen Säuren und dabei unter den flüchtigen auch die Essigsäure bestimmt.

## Bestimmung des Alkohols.

Ein abgemessenes Quantum der Lösung wurde hiebei mit $^1/_{10}$-Normalschwefelsäure sehr schwach angesäuert und der Destillation unterzogen. Das Destillat wurde sorgfältig mit Bariumhydroxyd neutralisiert und dann einer neuerlichen Destillation unterworfen und das Destillat in einer Menge von 10—20 ccm in einem gut kalibrierten Zylinder gesammelt.

Der Alkohol wurde nach der Methode von Verley-Bölsing (s. Berliner Berichte Bd. 34, III, S. 3354) bestimmt. Diese Methode besteht darin, dafs man 120 g Acetanhydrid mit 880 g Pyridin mengt, 30 ccm dieses Gemenges werden mit 30 ccm Wassers gemischt und mittels Titration die durch die Wirkung des Wassers entstandene Essigsäure aus dem Acetanhydrid bestimmt. Indikator: Phenolphthalein. Der Alkohol wird sodann in folgender Weise bestimmt: 30 ccm des obengenannten Gemenges werden zu 5 ccm der Flüssigkeit hinzugetan, in welchen man den Alkohol zu bestimmen hatte und durch eine Viertelstunde im kochenden Wasserbade erwärmt. Hierauf wird zu dem Gemenge ein Quantum von 30 ccm Wasser hinzugefügt und mittels Titration abermals die Essigsäure bestimmt, welche frei geworden ist.

Der Unterschied zwischen der Titration des blofsen Gemenges und der Titration des Gemenges mit Alkohol gibt uns die Essigsäure an, welche an den Alkohol als Acetan-Äthyl gebunden erscheint.

Durch vergleichende Versuche haben wir uns überzeugt, dafs diese Methode, wenn die Titration mit halber Normallauge bei konstanter Temperatur durchgeführt worden ist, ziemlich übereinstimmende Resultate liefert. Wir haben auch im »blinden« Kolben (beschickt mit sterilisiertem Enzym in Laktoselösung und 1 % Toluol) durch diese Methode Alkohol bestimmt und nur ganz geringe Mengen, die als Alkohol betrachtet werden könnten, gefunden. Jene Mengen, welche bei den Versuchen in den »blinden« Kolben resultierten und als Alkohol hätten angesehen werden können, brachten wir von der im Originalversuche konstatierten Alkoholmenge in Abzug.

Weiter haben wir uns überzeugt, dafs tatsächlich Alkohol vorhanden war, indem wir durch ein gröfseres Quantum und zwar über 100 g des getrockneten Niederschlages, 250 ccm 50 proz. Laktoselösung vergoren, wobei Sublimat zugesetzt wurde in einer Menge, dafs die ganze Lösung 0,01 % $HgCl_2$ enthalten hat. Wir haben den Alkohol auch piknometrisch nach der Methode von Reischauer-Aubry bestimmt. Den weiteren Nachweis, dafs Alkohol tatsächlich vorhanden war, haben wir durch Ausscheidung von Jodoformkristallen dokumentiert.

## Milchsäurebestimmung.

Dieselbe wurde bestimmt nach der Methode von A. Partheil in Bonn (s. Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genufsmittel, Heft 21, Jahrgang 5, 1902). Ein abgemessenes Quantum der Lösung wurde mit verdünnter $H_2SO_4$ angesäuert und die flüchtigen Säuren dann mittels Wasserdampf abgetrieben.

Der Rest wurde sorgfältig mit Normal-NaOH neutralisiert und auf dem Wasserbade bis zur Sirupdichte abgedampft. Das Abdampfen wurde durch eine Luftpumpe beschleunigt, mittels welcher der Wasserdampf aus dem Kolben abgesogen wurde.

Hierauf wurde der Inhalt des Kolbens neuerlich mit verdünnter $H_2SO_4$ angesäuert und die Milchsäure durch zwei Tage mittels Äther ausgeschüttelt, welch letzterer in einen frischen Kolben zusammengegossen wurde. Nach vollständiger Ausschüttelung der Milchsäure wurde der Äther abdestilliert, der Rest mittels kalten Wassers über einem kleinen Filter in ein Fraktionskölbchen abgeschweift, durch KOH neutralisiert und bis zur Trockene im Wasserbade abgedampft. Hierauf wurde das Fraktionskölbchen mit einem Nitrometer (enthaltend eine 5 proz. KOH-Lösung) verbunden, durch Hinzusetzung von konzentrierter $H_2SO_4$ und schwachem Anwärmen die Reaktion eingeleitet und das sich entwickelnde Kohlenoxyd im Nitrometer aufgefangen.

Man wäscht das entwickelte Gas mit etwas Kalilauge, um schweflige Säure und Kohlendioxyd zu entfernen, und liest nach erfolgtem Ausgleich von Temperatur und Druck das Volumen des entstandenen Kohlendioxyds ab. Die auf 0° und 760 mm

Druck reduzierten Kubikzentimeter Kohlendioxyds ergeben, mit 0,0012507 multipliziert, das Geiwcht des erhaltenen Kohlendioxyds, aus dem man die Milchsäure nach der Gleichung $\frac{CO}{28} : \frac{C_3H_6O_3}{90,06} =$ gefundene Menge: $x$ durch Multiplikation mit 3·216 findet. Von der Gegenwart der Milchsäure haben wir uns in einem gröfseren Versuche überzeugt und zwar derart, dafs wir die klare Lösung nach der Gärung mit Schwefelsäure ansäuerten und mit Äther ausschüttelten.

Der Rückstand liefert ein lösliches Bleisalz, welches sodann in Zinklaktat übergeführt wird. Das Zinklaktat wird hierauf in verdünntem Alkohol umkristallisiert und dann analysiert. Durch die Uffelmannsche Reaktion wurde tatsächlich die Milchsäure nachgewiesen. Die Formel $(C_3H_5O_3)_2$ Zn + 3 aqua verlangt 21,99 Zn und wir haben durch zwei Versuche 21,1 bis 21,3 Zn gefunden.

### Bestimmung des Kohlendioxyds.

In der Lösung wurde das Kohlendioxyd bestimmt nach der Methode Kolbe-Fresenius-Classen.

### Bestimmung der Essigsäure.

Die Essigsäure wurde aus den Lösungen, welche mit Schwefelsäure angesäuert wurden, mit Wasserdampf abgetrieben und dann im Destillate als Silberazetat und zwar in farblosen Kristallen ausgeschieden. Die jedesmal vorgenommene Silberbestimmung ergab zwischen 61,5—64 % Ag. Die Theorie verlangt 64 · 64% Ag im $C_2H_3O_2$ Ag.

### Bestimmung der Laktose.

Dieselbe wurde nur in gewissen Fällen bestimmt, und zwar bei solchen, bei welchen es sich um die Feststellung der Bilanz handelte; dieselbe wurde nach der Methode von Ritthausen-Soxhlet bestimmt. In den nachstehenden Tabellen sehen wir die Resultate der Beobachtungen betreffs der durch die Enzyme aus Kuhmilch hervorgerufenen Gärungen, vorwiegend in verdünnten und konzentrierten Laktoselösungen, übersichtlich zusammengestellt. Die Gärungsprozesse, welche durch Enzyme in Glu-

kose- und Saccharoselösung hervorgerufen wurden, waren nur selten ohne Bakterien zu erzielen.

---

In der Tabelle I sind die Versuche, welche in verdünnter Laktose ausgeführt wurden, in der Tabelle II a jene Versuche verzeichnet, zu welchen 40 proz. Laktose verwendet worden ist und zwar immer bei Vorhandensein von genügenden Mengen eines Desinfiziens, d. i. 0,4—0,6 % Thymol oder 1 % Toluol.

In der Tabelle II b sind die Kontrollversuche angegeben, d. h. sie enthält die Resultate der Untersuchung, die wir durch Überimpfen eines Teiles des Inhaltes der Versuchskolben in den jeweiligen Kontrollkolben erhalten haben.

Aus dieser Tabelle II b ersieht man, dafs die in der Tabelle II a verzeichneten Gärungen stets in Abwesenheit von Bakterien vor sich gegangen sind.

In der Tabelle III a und b sind die Resultate der Versuche registriert, die wir bei der durch Enzym verursachten Gärung in 50—60 proz. Laktoselösung erhielten. Dabei ist zu beachten, dafs in der Tabelle III a die Originalversuche und in der Tabelle III b die Kontrollversuche verzeichnet erscheinen.

Aus den Tabellen[1]) geht zur Evidenz hervor, dafs wir tatsächlich den Nachweis erbracht haben, dafs in dem aus Milch gewonnenen Alkohol-Äther-Niederschlage, welcher vorwiegend aus Kasein besteht, gärungserregende Enzyme vorhanden sind, welche bei völliger Abwesenheit von Bakterien eine Gärung hervorgerufen haben.

Dafs tatsächlich nur die Enzyme die Gärung hervorgerufen haben, dafür haben wir die folgenden Belege: 1. Beim Überimpfen des Inhaltes des Versuchskolbens auf Milchgelatine- und Milchagarplatten konnte keine Bakterienentwicklung nachgewiesen werden. 2. Eine Gärung in den Kontrollkolben nach Überimpfung eines Teiles des Inhalts aus den Originalkolben (nach Absolvierung der Gärung in diesen) in die Kontrollkolben wurde nicht nachgewiesen; ferner: Die Menge des abgespaltenen

1) Siehe die Tabellen I, II u. III.

Tabelle I. Temperatur 37° C

**Wirkung des Rohenzyms aus Kuhmilch in verdünnter Laktoselösung. Verwendet wurden stets 10 g des Rohenzyms.**

| Nr. des Versuchs | Art der Lösung, in der die Gärung erfolgte | Verwendetes Antiseptikum | Menge des bei der Gärung entstandenen $CO_2$ in Gramm — Zahl der Stunden: 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | Gesamtmenge des $CO_2$ in Gramm | Gesamtmenge der Milchsäure in Gramm | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | I. 10 proz. Laktose | — | 0,0169 | 0,3626 | 0,5526 | 0,0980 | 0,1001 | 1,1302 | — | Gesamtmenge des Alkohols 0,3208 g |
| 2 | II. 10 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | 0,0083 | 0,3127 | 0,3870 | 0,1499 | 0,0482 | 0,9061 | 0,0193 | |
| 3 | III. 15 proz. Laktose | 0,6 proz. Thymol | 0,0055 | 0,0004 | 0,0586 | 0,0577 | 0,0519 | 0,1741 | — | Verlust der Laktose 0,3150 g |
| 4 | IV. 15 proz. Laktose | 1,0 proz. Salizylsäure | 0,0306 | 0,0411 | 0,0191 | — | — | 0,0908 | — | |

Tabelle IIa. Temperatur 37° C

**Wirkung des Rohenzyms aus Kuhmilch in 40proz. Laktoselösung. Verwendet wurden stets 10 g des Rohenzyms.**

| Nr. des Versuchs | Art der Lösung, in der die Gärung erfolgte | Verwendetes Antiseptikum | Menge des bei der Gärung entstandenen $CO_2$ in Gramm — Zahl der Stunden: 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | Gesamtmenge des $CO_2$ in Gramm | Gesamtmenge der Milchsäure in Gramm | Gesamtmenge des Alkohols in Gramm | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | I. 40 proz. Laktose | 0,6 proz. Thymol | 0,0078 | 0,0036 | 0,0128 | 0,0258 | 0,0154 | 0,0654 | — | — | Geimpfte Milchgelatineplatt. blieben vollkommen steril |
| 6 | II. 40 proz. Laktose | 0,6 proz. Thymol | 0,0083 | 0,0012 | 0,0121 | 0,0080 | 0,0073 | 0,0369 | — | — | |
| 7 | III. 40 proz. Laktose | 0,6 proz. Thymol | 0,0123 | 0,0093 | 0,0199 | 0,0836 | 0,0814 | 0,2065 | — | — | |
| 8 | IV. 40 proz. Laktose | 0,6 proz. Thymol | 0,0078 | 0,0113 | 0,0158 | 0,0304 | 0,0134 | 0,0787 | — | — | |
| 9 | V. 40 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | 0,0458 | 0,1187 | 0,0672 | 0,0635 | 0,0261 | 0,3213 | — | — | |
| 10 | VI. 40 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | 0,0458 | 0,0915 | 0,0250 | 0,0433 | 0,0420 | 0,2476 | — | — | |
| 11 | VII. 40 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | 0,0306 | 0,0715 | 0,0448 | 0,0499 | 0,0373 | 0,2341 | — | — | |
| 12 | VIII. 40 proz. Laktose | 1 proz. Toluol | 0,0514 | 0,0263 | 0,0523 | 0,0696 | 0,0319 | 0,2315 | 0,1376 | 0,0941 | Verlust an Laktose 0,68 g |
| 13 | IX. 40 proz. Laktose | 1,0 proz. Toluol | 0,0227 | 0,0182 | 0,0312 | 0,0515 | 0,0314 | 0,1550 | 0,1647 | 0,0998 | Verlust an Laktose 0,61 g |
| 14 | X. 40 proz. Laktose | 1 proz. Toluol | 0,0315 | 0,0288 | 0,0268 | 0,0818 | 0,0201 | 0,1890 | 0,0802 | 0,0932 | Verlust an Laktose 0,53 g |

| Nr. des Versuchs | Art der Lösung | Verwendetes Antiseptikum | Menge d. entstand. $CO_2$ in Gramm — Zahl der Stunden: 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | Gesamtmenge des $CO_2$ in Gramm | Gesamtmenge der Milchsäure in Gramm | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | III. 40 proz. Laktose | 0,6 proz. Thymol | — | 0,0343 | — | — | — | 0,0343 | — | Geimpfte Milchgelatineplatten blieben durch dieselbe Zeitdauer, die der Versuch selbst währte, vollkommen steril |
| 7 | IV. 40 proz. Laktose | 0,6 proz. Thymol | — | 0,0286 | — | — | — | 0,0286 | — | |
| 9 | V. 40 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | Kein $CO_2$ nachgewiesen | | | | | — | — | |
| 10 | VI. 40 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | 0,0256 | — | — | — | — | 0,0256 | — | |
| 11 | VII. 40 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | 0,0238 | — | — | — | — | 0,0238 | — | |
| 12 | VIII. 40 proz. Laktose | 1 proz. Toluol | 0,0173 | — | — | — | — | 0,0173 | — | |
| 13 | IX. 40 proz. Laktose | 1 proz. Toluol | Kein $CO_2$ nachgewiesen | | | | | — | — | |
| 14 | X. 40 proz. Laktose | 1 proz. Toluol | 0,0166 | — | — | — | — | 0,0166 | — | |

Tabelle IIIa. Temperatur 37° C

**Wirkung des Rohenzyms aus Kuhmilch in 50—60 proz. Laktoselösung. Verwendet wurden stets 10 g des Rohenzyms.**

| Nr. des Versuchs | Art der Lösung, in der die Gärung erfolgte | Verwendetes Antiseptikum | Menge des bei der Gärung entstandenen $CO_2$ in Gramm — Zahl der Stunden: 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | Gesamtmenge des $CO_2$ in Gramm | Gesamtmenge der Milchsäure in Gramm | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | I. 50 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | — | 0,2436 | 0,0983 | 0,1263 | 0,2646 | 0,7328 | 0,0332 | |
| 16 | II. 50 proz. Laktose | — | — | 0,3721 | 0,2955 | 0,2103 | — | 0,8779 | — | |
| 17 | III. 50 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | — | 0,1148 | 0,0626 | 0,2791 | 0,1688 | 0,6253 | 0,1351 | |
| 18 | IV. 60 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | — | 0,0037 | — | 0,0750 | 0,0151 | 0,0938 | — | |

Tabelle IIIb. **Kontrollversuche zu den in Tabelle IIIa registrierten Versuchen.** Temperatur 37° C

| Nr. des Versuchs | Art der Lösung | Verwendetes Antiseptikum | Menge d. entstand. $CO_2$ in Gramm — Zahl der Stunden: 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | Gesamtmenge des $CO_2$ in Gramm | Gesamtmenge der Milchsäure in Gramm | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | I. 50 proz. Laktose | — | — | 0,0355 | — | — | — | 0,0355 | 0,0120 | |
| 16 | II. 50 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | Kein $CO_2$ nachgewiesen | | | | | — | — | |
| 17 | III. 50 proz. Laktose | 0,4 proz Thymol | — | 0,0117 | — | — | — | 0,0117 | — | |
| 18 | IV. 60 proz. Laktose | 0,4 proz. Thymol | Kein $CO_2$ nachgewiesen | | | | | — | — | |

Kohlendioxyds erschien so gering, dafs sie höchstens 16—34 mg betrug. Diese 16—34 mg sind vielleicht teilweise noch hervorgerufen durch das Enzym, welches bei Entnahme der Impfmaterie aus dem Versuchskolben mitgerissen wurde, und hat diese letztere mit Rücksicht darauf, als sie in eine frische Lösung kam, eine schwache Abspaltung von Kohlendioxyd bewirkt. Natürlich sind diese Quanten sehr unbedeutend, wenn man auf die Gesamtmenge des Kohlendioxyds Rücksicht nimmt, welches sich bei der Gärung abspaltet; oder sie sind auf einen Versuchsfehler zurückzuführen. In zahlreichen Fällen wurde überhaupt kein Kohlendioxyd nachgewiesen, wie aus den Tabellen ersichtlich ist.

Aus der Tabelle I ist weiter zu ersehen, dafs die Gesamtmenge des abgespaltenen Kohlendioxyds in 10proz. Laktoselösung binnen 120 Stunden 1,1 g und zwar in Abwesenheit von Desinfektionsmitteln betragen hat. In diesem Falle wurde durch den Kontrollversuch tatsächlich die Mitwirkung von Bakterien sichergestellt, d. h. das Gärungsresultat stellt sich als ein Additionsprodukt der Wirkung des Enzyms und der Bakterien dar.

Die Experimente Nr. 2—4, welche in 10—15 proz. Laktoselösung in Gegenwart von Desinficientia durchgeführt worden sind, zeigten uns eine abgespaltene Kohlendioxydmenge von 0,0908—0,9061 mg. Auch in diesen Fällen waren keine Bakterien vorhanden.

Man ersieht überhaupt aus unseren Versuchen, dafs bei Verwendung von verdünnten Laktoselösungen ohne Desinfiziens die vollständige Ausschliefsung der Mitarbeit der Bakterien während des Verlaufes der Gärung nicht möglich ist.

Die Versuche in der Tabelle II, welche in 40proz. Laktoselösung bei Vorhandensein von 0,4—0,6% Thymol oder 1% Toluol durchgeführt wurden, sind bei voller Abwesenheit von Bakterien vor sich gegangen. Wir können daher die Gesamtmenge des Kohlendioxyds, welches entweder in Gasform oder in der Lösung sichergestellt wurde, als eine solche ansprechen, welche bei der, ausschliefslich durch die Wirkung der gärungserregenden Enzyme hervorgerufenen Gärung entstanden ist.

In der Tabelle III, welche uns den Gärungsprozefs in 50proz. Laktoselösung veranschaulicht, sind die Versuche bei Gegenwart von Thymol durchgeführt worden. Sie zeigen eine Kohlendioxydmenge von 0,6253 g bis 0,7328 g, die innerhalb 120 Stunden abgespalten wurde, was sicherlich als eine ansehnliche Leistung bezeichnet werden kann. Im 16. Versuche der Tabelle III a wurden Bakterien nachgewiesen.

Wir haben weiter neben der Kohlendioxydbildung auch diejenige von Milchsäure und Alkohol beobachtet.

Die Milchsäure wurde in der Tabelle I beim Versuche 2 in einem Quantum von 0,19 g nachgewiesen. Dasselbe Quantum und zwar 0,137—0,16 g wurde in der Tabelle II bei den Versuchen 12 und 13 ebenfalls konstatiert.

Im jeweiligen Kontrollkolben (»blinden« Kolben), welcher genau so wie der Originalkolben sterilisiert und beschickt wurde, ist ebenfalls die Milchsäure bestimmt worden; die gefundene Menge, sobald sie 0,01 g überstieg, brachten wir von dem gebildeten Quantum Milchsäure des Originalkolbens in Abzug.

Was die Alkoholmenge anbelangt, so fanden wir in verdünnter Lösung in der Tabelle I über 0,3 g; bei konzentrierter Lösung wurden 0,093—0,099 g konstatiert. In den Kontrollversuchen wurden höchstens 0,01—0,02 g Alkohol nachgewiesen. Die im Kontrollkolben gefundene Menge an Alkohol, welcher nach der Methode von Verley & Bölsing bestimmt wurde, brachten wir ebenfalls stets von der Alkoholmenge, die im Originalversuche festgestellt worden ist, in Abzug.

Wir haben auch in drei Versuchen den Verlust an vergorener Laktose bestimmt und zwar, wie aus der Tabelle II ersichtlich ist, entsprach dieser Verlust tatsächlich fast der Menge der gebildeten Quantitäten Kohlendioxyd, Alkohol und Milchsäure zusammen.

Wenn man die drei gefundenen Spaltungsprodukte addiert und mit dem Verluste der vergorenen Laktose vergleicht, so merkt man zwar eine ganz kleine Differenz, welche dem gebildeten Quantum von Essigsäure (aus Alkohol?) entspricht.

Wir haben uns auch von der Bildung der Essigsäure durch ein separat ausgeführtes Experiment überzeugt und zwar haben wir

ein gröfseres Quantum des Alkohol-Atherniederschlages, welche das Rohenzym enthielt, in 40proz. Laktoselösung vergoren und in den flüchtigen Säuren die Essigsäure bestimmt.

Die Versuche wurden in der Weise arrangiert, dafs 100 g des Alkohol-Äther-Niederschlages in 500 ccm 40proz. Laktoselösung zur Verwendung kamen.

Als Antiseptikum wurde 1 % Toluol verwendet. Die Dauer der Gärung betrug drei Tage. Die Gärung wurde in zwei Kolben beobachtet. In einem dritten Kolben, welcher vollständig sterilisiert war, wurden ebenfalls die flüchtigen Säuren und die Essigsäure bestimmt. Die Essigsäure wurde jedoch nicht konstatiert.

Der Inhalt des Kolbens nach der Gärung wurde vom Niederschlage (Kasein) abfiltriert und auf dem Filter durchgewaschen. Das Filtrat wurde mit Schwefelsäure angesäuert und mit Dampf abgetrieben. Hierauf wurde das Destillat mit Normallauge titriert und dann auf einen kleinen Rest abgedampft. Hierauf wurden die flüchtigen Säuren als Silbersalz gefällt, die Flüssigkeit bis zum Kochen erwärmt und soviel Wasser hinzugefügt, bis die Silbersalze sich während des Kochens lösten. Die Lösung wurde von der geringen Menge ausgeschiedenen Silbers abfiltriert und auskühlen gelassen. Durch das Abkühlen kristallisierten die Silbersalze der flüchtigen Säuren heraus, welche um so unlöslicher sind, je gröfser ihr Molekulargewicht ist. Das ausgeschiedene Salz wurde auf dem Filter gesammelt, mit Wasser etwas durchgewaschen, getrocknet und gewogen, hierauf verbrannt, das Silber ausgeglüht und gewogen.

| | I. Kolben | II. Kolben |
|---|---|---|
| Menge des Silberazetats | 0,2407 g | 0,1733 g |
| welches enthielt Ag — | 0,1517 oder 64,64 % | 0,1066 oder 61,51 %. |

Das Silberazetatsalz erforderte 64,7 % Ag. Es waren daher jene Silbersalze ein wenig mit buttersaurem Silber verunreinigt. Diese Silbersalze enthielten an Essigsäure: 0,0850 g im ersten (I.), 0,0612 g im zweiten (II.) Kolben.

Dafs Buttersäure vorhanden war, ist daraus zu entnehmen, dafs die Lösungen beim Kochen einen Buttersäuregeruch ver-

rieten, wie übrigens auch die geringere Menge von Ag im Azetat beim zweiten Versuch andeutete. Die Ausscheidung von Ag beim Kochen der Destillate mit Silbernitratlösung deutet darauf hin, dafs auch Ameisensäure vorhanden war.

Überblickt man die Resultate der vorliegenden Arbeit, so kann man sich der Überzeugung nicht verschliefsen, dafs in der Milch gärungserregende Enzyme vorhanden sind, und es uns tatsächlich gelungen ist, dieselben durch Alkohol und Äther herauszufällen, so zwar, dafs sie mit dem niedergerissenen Kasein zur Ausscheidung gelangen.

Wir haben in der vorliegenden Arbeit uns bestrebt, nachzuweisen, dafs wir es faktisch mit Enzymen zu tun haben, und dafs eine durch Bakterien verursachte Gärung bei Anwendung genügender Mengen von Desinfizientien verhindert wird. Dabei ist allerdings richtig, dafs die Anwendung von Desinfizientien die Enzymwirkung ungemein schwächt.

Die gärungserregenden Enzyme zersetzen die Laktose in Kohlendioxyd, Alkohol, Milchsäure und geringe Mengen von Essigsäure[1]) und Buttersäure.[2])

In einem nächsten Artikel werden wir Gelegenheit haben, den Charakter der gärungserregenden Enzyme aus F r a u e n m i l c h kennen zu lernen.

1) Die Essigsäure ist wahrscheinlich durch Oxydation von Alkohol entstanden.

## Literatur.


1. Arnold, Zeitschrift f. analytische Chemie, 21, S. 285.
2. Babcock, Agr. Esper. Stat. Universaly of Wisconsin, 1899.
3. Backhaus und Appel, Über aseptische Milchgewinnung. (Molkerei-Zeitung, 1898, Heft 4.)
4. Barthel, Recherches sur les microorganismes de l'air des étables, du lait au moment de la traite et de la mamelle. (Revue générale du Lait. T. I, p. 505.)
5. Burri, Die Bakterienflora der frisch gemolkenen Milch gesunder Kühe. (Schweiz. landwirtsch. Centralbl., Jahrg. XXI, Heft 11 u. 12.)
6. Duclaux, Principes de laiterie, p. 53.
7. Derselbe, Mikrobiologie, Paris 1901.
8. v. Freudenreich, Bakteriologie in der Milchwirtschaft, 1898.
9. Derselbe, Über das Vorkommen von Bakterien im Kuheuter. (Landwirtschaftl. Jahrb. d. Schweiz, 1903, Heft 3.)
10. Derselbe, Milchsäurefermente und Käsereifung. (Ibid., 1902, Heft 2.)
11. Derselbe und Thöni, Über die in der normalen Milch vorkommenden Bakterien und ihre Beziehungen zum Käsereifungsprozesse. (Centralbl. f. Bakteriol., Abt. II, Bd. X, 1903, Nr. 10.)
12. Lux, Über den Gehalt der frisch gemolkenen Milch an Bakterien. Centralbl. f. Bakteriol., Parasitenk. u. Infektionskrankh, Bd. XI, Nr. 8/9.
13. Oppenheimer, Die Fermente und ihre Wirkung. Leipzig, 1903.
14. Raudnitz, Zeitschr. f. Biologie, 1901, S. 91.
15. Russel, Anorgan. ferments of milk, Wisconsin, 1897.
16. Sacharbekoff, Zur Bakteriologie der Petersburger Milch. (Inaugural-Dissert., Petersburg, 1895.)
17. Storch, Ber. d. königl. Vet.-Inst. Kopenhagen, 1898.
18. Uhl, Untersuchungen der Marktmilch in Giefsen. (Zeitschr. f. Hygiene, Bd. XII, S. 475.)
19. Ward, Die Invasion des Euters durch Bakterien. (Veröffentl. im Bull. 178, Cornell-Univ. Agricult. Exp. Stat.)
20. Wender, Österr. Chemiker-Zeitung, Jahrg. VI, Nr. 1. »Die Enzyme der Milch«.
21. W. Knoepfelmacher, Kuhmilch als Säuglingsnahrung. (Wiener med. Wochenschr., Nr. 42, 1903.)

# Einige Versuche über den Übergang von Riech- und Farbstoffen in die Milch.

Von

Dr. **Dombrowsky**.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Würzburg. Direktor: Prof. Dr. K. B. Lehmann.)

## I. Einleitung.

Die Frage des Übergangs von verschiedenen Substanzen in die Milch, auf welchem Wege dieser Übergang auch geschehen mag, ist in theoretischer sowohl, wie auch praktischer Beziehung von erheblichem Interesse, da die Milch ein weit verbreitetes Nahrungsmittel ist. Es ist bekannt, dafs verschiedene medikamentöse und stark wirkende, ja sogar giftige Substanzen in die Milch übergehen können, wenn sie vom Tiere mit dem Futter aufgenommen werden. Von den stark wirkenden und giftigen Substanzen, wie Arsen, Blei, Kupfer, Antimon, Quecksilber, Jod, Aloe, können jedoch nur kleine Mengen, meist nur Spuren[1]) in die Milch übergehen. Prof. Lehmann[2]) äufsert sich in dieser Richtung auf Grund der Literatur und seiner eigenen Beobachtungen folgendermafsen: »Vergiftungen auf diesem Wege sind mir nicht bekannt. Es sind Fälle berichtet, in denen die Milch von Tieren, die giftige Pflanzen gefressen hatten, auf Menschen schädlich eingewirkt hatte. Jedoch sind auch diese Fälle selten.

1) Prof. Dr. K: B. Lehmann, Methoden der prakt. Hygiene, S. 378.
2) a. a. O., S. 378.

Ferner beanspruchen selbst unschädliche, aber allerorts vorkommende und unseren Haustieren leicht zugängliche Substanzen, die der Milch gewisse fremdartige Eigentümlichkeiten verleihen, unser Interesse.«

Prof. Lehmann[1]) sagt: »Jede Milch, deren Farbe sich von der normalen wesentlich entfernt, ist als ekelhaft und gelegentlich gesundheitsschädlich zu verwerfen.« — Ferner sagt derselbe Autor: »Jede Milch von abnormem Geschmack und Geruch ist mindestens minderwertig, meist aber ekelhaft, zuweilen sogar gesundheitsschädlich.« Hinsichtlich der Färbung der Milch durch Futterpflanzen sagt Prof. Lehmann[2]), dafs neue Versuche hierüber durchaus erwünscht wären. Von diesem Standpunkte ausgehend, habe ich einige Versuche angestellt, über deren Resultate ich an dieser Stelle kurz berichten möchte. Untersuchungen über den Übergang von Riech- und Farbstoffen in die Milch sind nicht zahlreich. Die ersten Mitteilungen finden wir in der Arbeit von Bregnius[3]) im Jahre 1699, welcher das Gelbwerden der Milch nach dem Genusse von Rhabarber beschrieb. Schauerstein und Späth[4]) fanden einige Stunden nach Einnahme von $^1/_2$ Drachme Rhabarber charakteristische rote Färbung der Milch. Fuchs[5]) bestätigt den Übergang des Farbstoffes in die Milch nach der Einnahme von Rhabarber.

Blaue Milch beobachtete Prof. Mosler[6]) bei einem Bauer in der Nähe von Greiswald. Mosler sagt: »Von dem Bauer wurde auch besonders hervorgehoben, dafs die oben genannte Veränderung der Milch erst nach 3—6 Tagen auftrete, dafs er im Winter in seinem Keller noch niemals blaue Milch habe entstehen sehen, sondern immer nur im Sommer, wenn die Kühe mit grünem Futter gefüttert wurden, und zwar sei es ihm häufiger im nassen als im trockenen Sommer vorgekommen. Nach

1) a. a. O., S. 377.

2) a. a. O., S. 377.

3) Bregnius, Dissertat. Medic. de Galactose seu secretione lactis, 1699.

4) Schauerstein und Späth, Virchows Archiv, 43. Bd., S. 162.

5) Fuchs, Mag. für die ges. Tierheilkunde, 1841, S. 176.

6) Mosler, Virchows Archiv, 43. Bd., 2. H. Über blaue Milch und durch deren Genufs herbeigeführte Erkrankungen beim Menschen.

seiner Ansicht habe das nasse Futter ganz besonders schuld daran.« Prof. Mosler legt keinen Wert auf die Erklärungen des Bauers und nimmt als Ursache des Blauwerdens der Milch »ein dunkles Leiden des chylopoietischen Systems« an. Viel wahrscheinlicher ist heute, dafs es sich um ein Blauwerden der Milch durch Bacterium syncyaneum handelt. Flourens[1]) hat in einer Serie von Versuchen an Schweinen, Kaninchen und Ratten die Möglichkeit des Überganges von Farbstoff mit der Milch der Mutter, welche mit Färberröte (Rubia tinctoria) — garance — gefüttert wurde, in die Knochen (Rotwerden der Knochen) der Säuglinge bewiesen. Ob die Milch der Mutter beim Füttern mit Krapp rötlich wird, erwähnt Flourens nicht.

Millon et Comaille[2]) besprechen den Übergang von Riechstoffen in die Milch; sie versuchten ohne Erfolg, den Riechstoff, den sie näher nicht bezeichnen, aus der Milch mit $CS_2$ zu extrahieren. Ferner besprechen Parmentier et Deyeux[3]) den Übergang riechender und schmeckender Stoffe in die Milch nach dem Genusse von Knoblauch. Glage[4]) sagt: »Eine abweichende gelbe bis rote Farbe erhält die Milch, wenn die Kühe Karotten, Krokus, Labkraut, Rhabarber, Waid verzehren, bläulich wird sie, wenn die Tiere Schachtelhalme, Vogelknöterich, Wachtelweizen fressen. Einen abnormen Geruch bekommt die Milch nach der Verfütterung von Knoblauch.« Aufser den hier erwähnten Abhandlungen habe ich, aber ohne Erfolg, noch folgende Zeitschriften durchgenommen: Archiv für Hygiene (Bd. I—XLVII), Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten (Bd. I—XLV), Hygienische Rundschau (1894—1902), Revue d'hygiène (1893 bis 1902), Annales d'hygiène publique (1863—1902), Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genufsmittel, sowie Bibliographia lactaria (Bibliographie générale des travaux parus sur

1) Flourens, Note sur la coloration des os d'animaux nouveau-nés par la simple lactation de mères à la nourriture desquelles a été mélée de la garance. Compt. rend., 1862, T. 54, p. 65 et suiv.

2) Millon et Comaille, Analyse du lait. Compt. rend., 1864, p. 399.

3) Parmentier et Deyeux, Précis d'expériences et observations sur les différentes espèces de lait, 1800.

4) Glage, Die schädliche Wirkung der Krankheiten der Milchkühe, S. 85.

le lait et sur l'allaitement jusqu'en 1899 par le Dr. Henri de Rotschild avec une préface de M. E. Duclaux, 1901).

Sehr gute Dienste hat mir dagegen die anläfslich der Milchausstellung in Hamburg (1903) im Auftrage der wissenschaftlichen Abteilung herausgegebene Schrift: »Die Milch und ihre Bedeutung für Volkswirtschaft und Volksgesundheit« geleistet, in der sich alle Literatur angegeben findet, die ich überhaupt entdecken konnte.

## II. Eigene Fütterungsversuche.

Meine Beobachtungen habe ich an einer Ziege angestellt, der abwechselnd verschiedene frische Pflanzen[1]) in gröfseren Mengen als Futter gereicht wurden: Isatis tinctoria (Färberwaid), Galium Mollugo (gemeines Labkraut), Echium vulgare (Natterkopf), Melampyrum (Wachtelweizen), gelbe Rüben. Weiter erhielt das Tier zeitweise unvermischt: Semina anisi, Semina foeniculi, Knoblauch, und — in Mischung mit Futter (Kleie, Hafer) — einigemal Alizarin, den eigentlichen Farbstoff der Krappwurzel (Rubia tinctorum). In allen diesen Fällen hat das Versuchstier das dargereichte Futter gefressen. Mit besonderem Appetit, ja sogar begierig, frafs die Ziege Semina anisi und ganz besonders Knoblauch.

Die Ziege wurde morgens und abends von geübter Hand gemolken, und die Milch sowohl auf Farbe, Geschmack, Geruch, wie auch mittels entsprechenden Reagentien untersucht, wobei ich auch stets ganz unbefangene Personen um ihr Urteil bat. Bevor ich zur Besprechung der Resultate übergehe, möchte ich mit einigen Worten auf die von mir verwendeten Methoden der Milchuntersuchung eingehen. Ich beginne mit dem Versuche mit gelben Rüben. Nachdem die Ziege einen Tag lang mit gelben Rüben gefüttert und am nächsten Tage in der Tat gelbliche Milch ausgemolken wurde, wurden zu 20 g ausgeglühten Sandes 20 g Milch zugesetzt,

1) Versuche, das Tier zur Aufnahme von Mercurialis perennis zu bewegen, scheiterten. Die Pflanze, welche eine Substanz enthält, aus der beim Trocknen ein blaues Pigment entsteht (K. B. Lehmann, Archiv f. Hyg. VI), wurde absolut verschmäht.

alles auf einem Wasserbade verdampft, in einem Porzellanmörser zerrieben und in einer Hülse in den Soxhletschen Apparat gebracht. Die Extraktion mit Äther dauerte 12 Stunden, worauf der Ätherextrakt in eine Porzellanschale abgegossen und der Äther abgedampft wurde. Zu dem auf dem Boden der Porzellanschale befindlichen Trockenrest wurden mittels Glasstäbchens 2 bis 3 Tropfen konzentrierter Schwefelsäure zugesetzt. Bei Zusatz von Schwefelsäure erhielt man eine helle, gelbrote Färbung in beiden Portionen des Trockenrestes (alle Versuche wurden nämlich doppelt ausgeführt); nach 24stündigem Stehen im Schrank ging die gelbrote Farbe in eine violette, nach weiteren 24 Stunden in eine schmutzig-violette und schliefslich in eine schwarze über. Um diesen Farbstoff, welcher nicht die erwartete Carotinreaktion (blaugrün mit konzentrierter Schwefelsäure) gegeben hatte, näher zu erforschen, wurde eine starke Gelbrübenfütterung und die soeben geschilderte Untersuchung nach 14 Tagen noch zweimal wiederholt, wobei einmal der Trockenrest aus $^1/_2$ Liter Milch extrahiert wurde, ohne dafs ich jedoch eine deutliche Carotinreaktion oder auch nur die oben geschilderten Reaktionen erhalten hätte. Ob vielleicht die zu untersuchende Milch in den nachfolgenden Fällen weniger Farbstoff enthielt, und zwar infolge der Erntezeit der Mohrrüben, der Sorte der letzteren oder infolge anderer Ursachen, vermag ich nicht zu beurteilen. Bei Fütterung der Ziege mit Alizarin $C_{14}H_6(OH)_2O_2$ (aus der Pflanze Rubia tinctorum), welches die Eigenschaften einer schwachen Säure besitzt und mit den Basen gefärbte Verbindungen erzeugt, wurden zu der Milch Ammoniaklösung, kohlensaures Natron und Natronlauge hinzugesetzt, wobei sich die Milch schwach rosa färbte. Vor der Fütterung mit Alizarin gab die Milch eine solche Färbung nicht. Das Alizarin ist auch in den Harn übergegangen. Bei Fütterung mit Ac. chrysophanicum med. ($C_{15}H_{10}O_4$) bewirkte der Zusatz von 40proz. Natronlaugelösung zu der Milch eine bräunliche Verfärbung der letzteren.

Für die übrigen Substanzen brauchte ich keine besonderen Nachweismethoden, die Sinne mufsten ausreichen. Die Resultate, welche nach der Fütterung der Ziege mit den oben bezeichneten

Substanzen erzielt worden sind, sind aus der Tabelle I auf S. 189 zu ersehen. An den Tagen, die in der Tabelle nicht verzeichnet sind, hatte die Ziege gewöhnliches Futter bekommen: Heu, Gras, Kleie etc.

Aus den vorstehenden Ausführungen sowohl, wie auch aus den in der vorstehenden Tabelle verzeichneten Ermittelungen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. Die Versuchsziege hat begierig Semina anisi und foeniculi, und noch begieriger Knoblauch gefressen, dabei ging der Geruch dieser Substanzen in die Milch über.
2. Bei Fütterung mit Knoblauch bekam die Milch den betreffenden Geruch, der an den Geruch von $PH_3$ erinnerte, und zugleich einen ekelhaften Geschmack, der selbst nach Kochen und Abkühlung der Milch über 15 Stunden lang erhalten blieb. Die Milch wurde dann fortgegossen. Von 6 Menschen, die die Milch gerochen, und von 5 Menschen, die die Milch gekostet hatten, bekam der eine eine so starke Übelkeit, dafs sich Brechbewegungen einstellten. Der Geruch nach Fenchel und Anis war nicht unangenehm, von mäfsiger Stärke und verschwand durch das Kochen der Milch.
3. Eine Veränderung ihrer Farbe hat die Milch der Versuchsziege nur bei Fütterung der letzteren mit gelben Rüben und Ac. chrysophanicum med. gezeigt. Die Farbenveränderungen waren jedoch auch in diesem Falle nicht deutlich, sondern sehr schwach, minimal ausgesprochen. Alizarin färbte die Milch nicht direkt, sondern erst auf Alkalizusatz. In Summa scheint die praktische Gefahr, dafs die Milch eine auffällige Färbung durch Futterstoffe annimmt, nicht grofs, wenn man bedenkt, welche Mengen das Tier erhielt. Viel leichter treten kleine Geruchsveränderungen ein.

Tabelle I.

| Monat und Tag | Fütterung | Gewicht d. eingenomm. Futters in g | Man glaubte zu bekommen | Man hat bekommen | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| 2. VI. | Mercurial. perennis. (Blätter) | — | blaue Milch | negativ | frifst nicht. |
| 3. » | Isatis tinctoria | 3000 | » | » | frifst Schoten und Blätter gerne, Blüten ungern. |
| 4. » | » | 3000 | » | » | — |
| 5 » | » | 3000 | » | » | — |
| 7. » | » | 6000 | » | » | — |
| 8. » | » | 7000 | » | » | — |
| 9. » | » | 8000 | » | » | — |
| 13. » | Gallium Mollugo[1]) | 4000 | gelbe Milch | » | — |
| 14. » | » | 5000 | » | » | — |
| 15. » | » | 8000 | » | » | — |
| 18. » | Semina anisi. | 250 | Übergang des betreffenden Geruchs in die Milch | positiv | Die Milch scheint etwas süfser als sonst. |
| 19. » | Gras | — | — | — | — |
| 20. » | Sem. foeniculi | 200 | Übergang des betreffenden Geruchs in die Milch | positiv | Die Milch zeigt gewöhnlichen Geschmack. |
| 25. » | Alizarin ($C_{14}H_8O_4$) | 0,5 | rötl. Milch | negativ | — |
| 26. » | » | 2,0 | » | » | — |
| 30. » | » | 7,0 | » | positiv | Bei Zusatz von $NH_3$ oder NaHO oder $Na_2Co_3$ deutl. Rosafärbung. Übergang auch in den Harn. |
| 2. VII. | Gelbe Rüben | 2000 | gelbe Milch | negativ | — |
| 3. » | » | 4500 | » | abends gelblich. Milch. Im Vergleich zu der morgendlichen deutl Färbung | Bei der Extraktion mit Äther, wie oben geschildert, wurde ein Farbstoff gewonnen. |
| 6. » | Echium vulgare (Natterkopf) | 3500 | blaue Milch | negativ | — |
| 7. » | » | 4500 | » | » | — |
| 9. » | Melampyrum arvense (Wachtel-Weizen) | 1000 | » | » | — |
| 14. » | Gelbe Rüben | 4000 | gelbe Milch | zweifelh. gelbl. | — |
| 15. » | » | 4500 | » | » | — |
| 16. » | » | 5000 | » | deutl. gelblich | — |
| 17. » | » | 5000 | » | » | — |
| 27. » | Ac. chrysophanic. med. | 0,5 | » | gelbl. Milch | Fäces nicht wie gewöhnlich, sondern breiig. |
| 28. » | » | 1,5 | » | » | — |
| 3. VIII. | Knoblauch | 40 | Übergang des betreffenden Geruchs und Geschmacks | positiv | Geruch nach $PH_3$. Geschmack ekelhaft. Geruch und Geschmack waren auch nach 15 Stdn erhalten. |

1) Es hätte wohl besser Galium verum gewählt werden müssen.

## III. Geruchsveränderungen der Milch beim Stehen in stark riechenden Räumen.

In zweiter Linie sind Experimente angestellt worden, um zu ergründen, wie rasch die Milch den Geruch des Raumes, in dem sie steht, aufnimmt, und wie lange sie diesen Geruch behält. Diese Frage ist sowohl bei der Stalldesinfektion als auch in anderen Fällen, in denen der Milch von den mit den Tieren in Berührung kommenden Personen verschiedene Gerüche (Jodoform, oleum anisi, Parfüm) beigebracht werden konnten, von Interesse. Die bezüglichen Versuche wurden folgendermafsen ausgeführt: unter grofse Glasglocken wurden zwei Portionen Milch zu je 100 ccm in Bechergläsern gebracht, worauf unter die Glasglocken neben der Milch in kleineren Bechergläsern oder Porzellanschalen folgende (hauptsächlich desinfizierende) Substanzen aufgestellt wurden: Acidum carbolicum crudum (15,0), Formalin (15,0), Oleum terebinthini (15,0), Chlorkalk (15,0), Oleum anisi (8,0), Jodoform (4,0). Die eine Milchportion wurde nach halbstündigem Stehen aus dem improvisierten, stark riechenden Raum herausgenommen, auf ihren Geruch unteruncht, dann gekocht und nach einer halben Stunde wiederum untersucht; die zweite Milchportion wurde in gleicher Weise, aber erst nach 10stündigem Stehen unter der Glasglocke untersucht.

Die erzielten Resultate sind aus folgender Tabelle zu ersehen:

Tabelle II.

| | Nach ½ stündigem Stehen in starkriechendem Raum | | | Nach ½ stündigem Stehen in starkriechendem Raum | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | kalte Milch | unmittelbar nach dem Abkochen | ½ Stunde nach dem Abkochen | kalte Milch | unmittelbar nach dem Abkochen | ½ Stunde nach dem Abkochen |
| Ac. carbolicum crud. . . . | +++ | ++ | — | +++ | ++ | — |
| Ol. terebinthini | + | — | — | ++ | — | — |
| Formalin . . | + | — | — | ++ | — | — |
| Chlorkalk . . | — | — | — | + | — | — |
| Ol. anisi . . . | ++ | + | + | +++ | +++ | ++ |
| Jodoformium . | +++ | ++ | — | +++ | +++ | + |

— = negativ; | ++ = deutlich riechend;
+ = kaum bemerkbar; | +++ = stark riechend.

Aus den Aufzeichnungen der vorstehenden Tabelle ist zu ersehen:

1. dafs die Milch den Geruch von Jodoform und von Oleum anisi rasch aufnimmt und lang (12 Stunden lang) behält;
2. dafs die Milch den Geruch von Karbolsäure rasch aufnimmt, aber auch rasch verliert;
3. dafs die Milch den Geruch von Oleum terebinthini und von Formalin rasch aufnimmt, aber leicht verliert;
4. in unserem Falle hat die Milch den Geruch von dem nebenstehenden Chlorkalk besonders schwach angenommen.

Zum Schlufs sei es mir gestattet, auch an dieser Stelle Herrn Professor Dr. K. B. Lehmann für die Anregung zu dieser Arbeit, wie auch für die wohlwollenden Ratschläge und die Anleitung, welche er mir während der ganzen Zeit meines Arbeitens im Hygienischen Institut zu Würzburg hat zuteil werden lassen, meinen ebenso aufrichtigen wie ergebensten Dank zu sagen.

# Über die Absorption verdünnter Kupferlösungen im Erdboden.

Von

Prof. Dr. Ch. Yokote aus Tokio.

(Aus dem hygienischen Institut in Leipzig.)

Eine eigentümliche und selten vorkommende Flufsverunreinigung zeigt der im mittleren Japan gelegene Flufs Watarase. Derselbe nimmt sämtliche Abwässer des gröfsten Kupferbergwerks von Ashio auf.

Die schädlichen Einwirkungen, welche die Gewinnung des Kupfers daselbst hervorrufen, machen sich dadurch geltend, dafs die früher sehr fruchtbare Gegend weithin keine oder nur geringe Ernten liefert, sowie, dafs im Flufs selbst keine Fische mehr leben können, und dafs auch die dem Flusse benachbarten Feldgebiete auf weite Strecken hin stark veröden.

Die schädlichen Wirkungen des Kupferwerkes lassen sich nach zwei Richtungen hin scheiden. Einmal entstehen durch das Rösten der Kupfererze grofse Mengen schwefliger Säure, welche in die Luft entweichen und die bekannten Rauchschäden und Zerstörung der Vegetation herbeiführen. Anderseits enthält das Wasser des Flusses Watarase die sämtlichen Grubenwässer und Abwässer des Kupferwerkes und hieraus erklärt sich auch, dafs in das Flufswasser gelöste Kupfersalze eintreten.

Nach Untersuchungen der Verwaltung des Kupferwerkes enthält das Wasser des Flusses Watarase in einem Liter 0,28 bis 0,41 mg Kupfer (Cu).

Der landwirtschaftliche Betrieb des Reisbaues bedingt, dafs die Felder während der Vegetationsperiode reichlich bewässert werden müssen. Soweit nur möglich wird zu diesem Bewässern Flufswasser verwendet. Hieraus folgt, dafs Jahr für Jahr reichliche Mengen von Kupfer mit dem Wasser des Watarase auf die Felder und in den Boden gebracht werden.

Auf diese Weise ist es möglich, dafs nicht nur die hier gewonnenen Pflanzenfrüchte einen hohen Kupfergehalt annehmen, sondern, dafs auch das Kupfer, vom Boden absorbiert, die Entwicklung und das Gedeihen der Pflanzen erheblich schädigt und steigende Mifsernten, sowie völlige Unfruchtbarkeit bedingt.

Es erschien mir deshalb von Wichtigkeit, festzustellen,

1. in welchem Umfang hat der Erdboden die Eigenschaft, gelöste Kupfersalze aufzunehmen und festzuhalten;
2. kann kupferhaltiges Flufs- oder Abwasser so tief in den Boden eindringen, dafs das Grundwasser einer Gegend durch Kupfer verunreinigt und verdorben wird?

   Diese letztere Frage schien mir deshalb von Bedeutung, weil in der Nähe des Flusses Watarase Brunnenanlagen sich befinden, in welche Flufswasser durch seitliches Einströmen Zutritt findet.
3. Ist zu erwarten, dafs der künstliche Kupfergehalt eines Bodens nach Aufhören der Ursache rasch wieder verschwindet und in den vollen Reinigungszustand übergeht?

Um die Absorptionskraft des Erdbodens für gelöste Kupfersalze festzustellen, wurden zwei verschiedene Bodenproben im lufttrocknen Zustande gewählt und abgewogene Mengen mit einer genau gemessenen Kupferlösung während einer Stunde durch Schütteln in Berührung gebracht.

Die Kupferlösung wurde durch Auflösen von 0,0396 g reinem schwefelsaurem Kupferoxyd in 1 l destillierten Wassers hergestellt, so dafs 1 l Lösung 10 mg Kupfer enthielt.

Zu jedem Versuche wurden 25 g lufttrockner Erdboden und 100 ccm Kupferlösung verwendet. Im Filtrat wurde die etwa noch vorhandene Kupfermenge kolorimetrisch mittels Ferrozyankaliums bestimmt. Hierzu dienten Glaszylinder aus ganz

hellem weifsen Glase, welche bei 30 cm Höhe 100 ccm Vergleichslösung aufnahmen. Anf diese Weise konnten die kleinsten Mengen Kupfers kolorimetrisch bestimmt und Mengen von 0,001 mg Kupfer genau festgestellt werden.

Die eine Bodenprobe bestand aus einem eisenhaltigen Diluvialsand des Leipziger Untergrundes, während die andere Bodensorte Flufssand war.

Beide Bodensorten wurden in verschiedener Korngröfse und zwar:

a) von kleinerem Korn als 0,25 mm
b) von 0,25 bis 0,8 mm und
c) von 0,8 bis 2,0 mm

verwendet.

Es ergab sich, dafs in allen sechs Versuchen das gesamte Kupfer vom Boden festgehalten wurde; 1 kg Boden hatte somit 40 mg Kupfer absorbiert.

Bei dem zweiten Versuche sollte festgestellt werden, ob die gleiche vollkommene Absorptionskraft des Bodens erreicht wird, wenn eine konzentriertere Kupferlösung zur Anwendung kommt.

Es wurde deshalb statt einer Lösung mit 10 mg Kupfer im Liter eine Lösung verwendet, welche 100 mg Kupfer in 1 l Wasser enthielt.

Auch bei diesem Versuche wurden die gleichen Bodenarten wie vorher in den drei verschiedenen Korngröfsen verwendet, und zeigte sich, dafs die Absorptionskraft des Bodens für Kupfersalze eine sehr energische ist.

Von 1 kg Erdboden wurden in diesem Versuche 175 bis 200 mg Kupfer aufgenommen, wobei der feinkörnige Boden bzw. Flufssand eine etwas stärkere Absorptionskraft zeigte als der grobkörnige.

Boden mit einer Korngröfse bis 0,25 mm absorbierte im Mittel von vier Versuchen 194 mg Kupfer, während Boden von 0,8 bis 2,0 mm Korngröfse im Mittel 174,4 mg Kupferoxyd pro 1 kg Erde aufnahm.

In dem nachstehenden Versuche sollte festgestellt werden, wie die Absorptionskraft des Bodens für Kupfer abnimmt und wann die volle Sättigung des Erdreichs mit Kupfer eingetreten ist.

Zu diesem Zwecke wurde von den beiden Bodenproben, Leipziger Sand und Flufssand, eine Menge von 25 g lufttrockner Substanz abgewogen und mit je 100 ccm Wasser, welches 10 mg Kupfer gelöst enthielt, übergossen.

Nach 24 stündiger Berührung mit dem Erdboden wurde die Flüssigkeit abgegossen und im Filtrat die noch gelöste Kupfermenge bestimmt und zu derselben Bodenprobe neuerdings wieder 100 ccm Wasser, welches 10 mg Kupfer enthielt, zugefügt.

Die nachstehende Tabelle enthält die von 25 g Boden absorbierten Kupfermengen.

Tabelle I.

| Untersuchungs-Nr. | 25 g Bodensand | 25 g Flufssand | Untersuchungs-Nr. | 25 g Bodensand | 25 g Flufssand |
|---|---|---|---|---|---|
| | Menge des vom Sand gebundenen Kupfers | | | Menge des vom Sand gebundenen Kupfers | |
| | mg | mg | | mg | mg |
| 1 | 9,20 | 0,40 | 21 | 0,50 | 1,00 |
| 2 | 8,00 | 6,90 | 22 | 1,50 | 1,00 |
| 3 | 6,50 | 5,90 | 23 | 0,00 | 0,00 |
| 4 | 4,80 | 4,50 | 24 | 1,00 | 1,50 |
| 5 | 4,50 | 3,00 | 25 | 0,50 | 1,50 |
| 6 | 3,50 | 2,00 | 26 | 1,00 | 1,50 |
| 7 | 2,50 | 1,00 | 27 | 0,50 | 0,50 |
| 8 | 2,00 | 2,00 | 28 | 0,00 | 1,50 |
| 9 | 1,00 | 1,00 | 29 | 1,00 | 1,00 |
| 10 | 0,50 | 1,00 | 30 | 0,00 | 1,00 |
| 11 | 1,00 | 0,50 | 31 | 1,00 | 0,50 |
| 12 | 0,50 | 0,50 | 32 | 1,00 | 1,50 |
| 13 | 0,25 | 0,25 | 33 | 0,50 | 0,50 |
| 14 | 0,50 | 0,00 | 34 | 0,00 | 0,00 |
| 15 | 0,50 | 1,00 | 35 | 0,00 | 0,00 |
| 16 | 2,50 | 1,00 | 36 | 0,00 | 0,00 |
| 17 | 0,50 | 0,50 | 37 | 0,00 | 0,00 |
| 18 | 0,50 | 0,00 | 38 | 0,00 | 0,00 |
| 19 | 1,00 | 0,00 | | | |
| 20 | 0,50 | 1,00 | | 58,75 | 54,35 |

Die Tabelle lehrt, dafs die Absorptionskraft des Erdbodens gegenüber löslichen Kupfersalzen eine sehr beträchtliche ist. Berechnet auf 1 kg Erdboden zeigt sich, dafs der Bodensand

2,350 g Kupfer und der Flufssand 2,174 g Kupfer festhielt und unlöslich machte. Die Absorption des Kupfers ist in der ersten Zeit eine erhebliche, nimmt im Laufe der Tage allmählich ab, bis schliefslich der Boden gesättigt ist und die Kupferlösung ebenso konzentriert abfliefst wie sie zugesetzt wurde.

Berücksichtigt man, dafs 1 cbm Leipziger Sand im Mittel 1560 kg schwer ist, so ergibt sich, dafs pro qm Bodenfläche und 1 m Tiefe eine Kupfermenge von 3391 bis 3666 g unlöslich gefunden werden kann.

Die Ursache der Absorption des gelösten Kupfers im Erdboden wird voraussichtlich darauf beruhen, dafs im Erdboden Verbindungen, wie insbesondere Kalk- und Magnesiasalze vorkommen, durch welche die lösliche Kupferoxydverbindung zersetzt und unlösliches Kupferoxyd ausgeschieden wird.

Es ist klar, dafs die stärkste Ausfällung des Kupferoxyds eintreten wird bei Anwesenheit von kohlensauren Erden.

Erdboden, welcher nur geringe Mengen von kohlensauren Erdalkalien enthält, wird demnach imstande sein, relativ bedeutende Mengen von Kupfer bereits in den obersten Bodenschichten aufzunehmen und das Tiefergehen von Kupfersalzen nach dem Grundwasser verhindern können.

Im nachstehenden Versuche verwendete ich deshalb als Bodenart Marmor, welcher im Mörser zu kleinen Stücken zerstofsen worden war und durch Absieben in zwei Korngröfsen von 0,25 mm und 1 bis 2 mm getrennt wurde.

Ich wählte diese beiden verschiedenen Korngröfsen, um zugleich festzustellen, ob nicht durch Ausscheiden des Kupferoxyds auf der Oberfläche der Sandteilchen eine Schutzwirkung in der Art eintritt, dafs die festhaftende Kupferoxydschicht wie eine mehr oder weniger undurchlässige Hülle die Berührung des Marmors mit neuer Kupferlösung hindert.

In den Versuchen der Tabelle II wurden 25 g der Bodenproben aus Marmor mit je 100 ccm Wasser mit einem Gehalt von 10 mg Kupfer versetzt und nach jedesmal einstündiger Berührung im Filtrat der Restteil des gelösten Kupferoxyds kolorimetrisch bestimmt.

Tabelle II.

| Versuchs-Nr. | Feines Marmorpulver absorbierte mg Kupfer | Grobes Marmorpulver absorbierte mg Kupfer | Versuchs-Nr. | Feines Marmorpulver absorbierte mg Kupfer | Grobes Marmorpulver absorbierte mg Kupfer |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6,60 | 1,00 | 41 | 10,00 | 5,06 |
| 2 | 4,20 | 8,40 | 42 | 9,72 | 6,80 |
| 3 | 4,40 | 8,20 | 43 | 9,52 | 9,10 |
| 4 | 4,20 | 8,50 | 44 | 10,00 | 9,94 |
| 5 | 7,40 | 9,20 | 45 | 10,00 | 7,20 |
| 6 | 8,70 | 9,40 | 46 | 9,92 | 5,00 |
| 7 | 8,00 | 8,80 | 47 | 9,92 | 6,80 |
| 8 | 9,20 | 9,60 | 48 | 8,40 | 4,20 |
| 9 | 9,60 | 8,00 | 49 | 9,67 | 4,00 |
| 10 | 9,60 | 9,00 | 50 | 9,84 | 7,20 |
| 11 | 9,40 | 7,70 | 51 | 9,00 | 6,40 |
| 12 | 10,00 | 7,80 | 52 | 9,74 | 5,00 |
| 13 | 10,00 | 8,70 | 53 | 7,60 | 7,40 |
| 14 | 9,96 | 8,00 | 54 | 9,68 | 6.40 |
| 15 | 9,96 | 7,80 | 55 | 9,80 | 8,40 |
| 16 | 9,96 | 7,00 | 56 | 9,92 | 6,20 |
| 17 | 9,96 | 6,00 | 57 | 8,00 | 5,00 |
| 18 | 9,92 | 7,80 | 58 | 9,50 | 6,00 |
| 19 | 9,98 | 7,20 | 59 | 8,00 | 5,60 |
| 20 | 9,90 | 8,00 | 60 | 9,74 | 6,60 |
| 21 | 9,92 | 8,60 | 61 | 9,84 | 8,20 |
| 22 | 9,96 | 5,40 | 62 | 7,30 | 6,20 |
| 23 | 9,90 | 7,00 | 63 | 8,10 | 7,40 |
| 24 | 9,92 | 7,40 | 64 | 8,90 | 6,80 |
| 25 | 9,94 | 7,80 | 65 | 8,80 | 5,80 |
| 26 | 10,00 | 6,00 | 66 | 9,88 | 4,80 |
| 27 | 9,00 | 5,80 | 67 | 9,94 | 7,60 |
| 28 | 9,92 | 6,00 | 68 | 9,76 | 6,30 |
| 29 | 9,80 | 5,60 | 69 | 9,10 | 6,00 |
| 30 | 9,90 | 5,60 | 70 | 9,68 | 5,80 |
| 31 | 9,96 | 7,00 | 71 | 9,94 | 8,00 |
| 32 | 9,86 | 9,50 | 72 | 9,92 | 6,20 |
| 33 | 9,90 | 6,40 | 73 | 9,88 | 6,60 |
| 34 | 10,00 | 8,20 | 74 | 9,50 | 7,60 |
| 35 | 9,96 | 6,00 | 75 | 9,94 | 8,90 |
| 36 | 9,84 | 3,20 | 76 | 9,88 | 6,80 |
| 37 | 7,60 | 7,40 | 77 | 7,00 | 2,00 |
| 38 | 9,88 | 6,20 | 78 | 9,90 | 8,40 |
| 39 | 10,00 | 6,40 | 79 | 9,86 | 9,50 |
| 40 | 9,92 | 5,80 | 80 | 9,94 | 8,70 |

| Versuchs-Nr. | Feines Marmorpulver absorbierte mg Kupfer | Grobes Marmorpulver absorbierte mg Kupfer | Versuchs-Nr. | Feines Marmorpulver absorbierte mg Kupfer | Grobes Marmorpulver absorbierte mg Kupfer |
|---|---|---|---|---|---|
| 81 | 9,46 | 6,00 | 116 | 10,00 | 8,70 |
| 82 | 9,90 | 8,80 | 117 | 10,00 | 9,10 |
| 83 | 9,76 | 7,20 | 118 | 9,80 | 5,40 |
| 84 | 7,00 | 5,20 | 119 | 10,00 | 8,80 |
| 85 | 9,94 | 9,88 | 120 | 9,74 | 8,80 |
| 86 | 9,62 | 6,40 | 121 | 9,80 | 7,80 |
| 87 | 9,94 | 7,70 | 122 | 10,00 | 7,60 |
| 88 | 9,86 | 7,70 | 123 | 8,60 | 6,20 |
| 89 | 9,74 | 6,00 | 124 | 9,70 | 6,00 |
| 90 | 8,60 | 5,40 | 125 | 8,00 | 4,00 |
| 91 | 9,94 | 8,40 | 126 | 9,65 | 7,00 |
| 92 | 9,82 | 8,40 | 127 | 9,84 | 8,00 |
| 93 | 9,92 | 8,20 | 128 | 10,00 | 8,00 |
| 94 | 9,30 | 6,00 | 129 | 8,00 | 4,00 |
| 95 | 9,82 | 7,00 | 130 | 10,00 | 8,20 |
| 96 | 9,82 | 7,00 | 131 | 9,40 | 7,50 |
| 97 | 9,25 | 6,20 | 132 | 9,60 | 7,60 |
| 98 | 8,20 | 6,00 | 133 | 8,30 | 6,00 |
| 99 | 9,00 | 6,60 | 134 | 9,00 | 6,70 |
| 100 | 9,74 | 6,60 | 135 | 10,00 | 8,50 |
| 101 | 8,70 | 6,40 | 136 | 10,00 | 8,50 |
| 102 | 9,40 | 6,60 | 137 | 9,62 | 7,40 |
| 103 | 9,78 | 6,90 | 138 | 9,74 | 7,60 |
| 104 | 9,84 | 7,40 | 139 | 9,80 | 8,00 |
| 105 | 9,84 | 6,80 | 140 | 7,60 | 6,00 |
| 106 | 8,50 | 6,00 | 141 | 9,74 | 6,50 |
| 107 | 9,20 | 6,00 | 142 | 10,00 | 8,40 |
| 108 | 9,76 | 7,20 | 143 | 9,76 | 7,00 |
| 109 | 8,00 | 5,00 | 144 | 9,96 | 7,40 |
| 110 | 9,25 | 6,60 | 145 | 8,50 | 6,00 |
| 111 | 10,00 | 8,40 | 146 | 9,25 | 5,00 |
| 112 | 8,80 | 7,25 | 147 | 9,74 | 6,60 |
| 113 | 10,00 | 7,50 | 148 | 9,50 | 6,00 |
| 114 | 7,20 | 4,40 | 149 | 9,50 | 7,00 |
| 115 | 10,00 | 8,30 | | | |

Wie die Tabelle lehrt, ist die Absorption des Kupfers im Marmorboden, obgleich nur eine einstündige Berührung vorlag, eine äufserst energische. Die schützende Umhüllung des ausgefällten Kupferoxyds um die Sandkörner ruft gelegentlich eine

geringe Abschwächung der Kupferausfällung hervor, welche sich insbesondere dahin bemerklich macht, dafs der grobkörnige Marmor vermöge seiner relativ geringeren Oberfläche auch eine geringere Einwirkung hinsichtlich des Ausfällens von Kupfer zeigt.

Berechnet auf 1 kg Marmorsand ergibt sich, dafs die feinkörnige Sorte in dem vorstehenden Versuche pro Kilo Sand im ganzen 55,80 g Kupfer und die grobkörnige Sandprobe 42,35 g Kupfer unlöslich gefällt hat.

Im nachfolgenden Versuche wurde mit gleichen Sandproben und derselben Kupferlösung wie früher gearbeitet, nur dafs nicht wie vorher 1 Stunde, sondern 24 Stunden Berührung zwischen der Kupferlösung und dem Marmorboden gelassen wurde.

Die Ausscheidungsgröfsen des gefällten Kupfers zeigt die Tabelle III auf S. 201 und 202.

Durch die Verlängerung der Berührung der Kupferlösung mit Marmor erfolgt also auch eine entsprechende vollständige Absorption, wobei in dem feinkörnigen Marmorsand nahezu die gesamte Kupfermenge gefällt wird, während in dem grobkörnigen Teile die Ausfällung eine etwas geringere bleibt.

Es gelingt somit leicht, durch relativ geringe Mengen von kohlensauren Erden auch aus sehr verdünnten Kupferlösungen die gesamte Kupfermenge auszuscheiden, und jener Erdboden, welcher eine Beimischung von kohlensauren Erden enthält, wird deshalb auch viel leichter und vollständiger die Kupfersalze ausscheiden, so dafs dieselben, wie dies beim Bewässern mit kupferhaltigem Flufswasser der Fall ist, sich bereits in den obersten Bodenschichten ansammeln und infolge der stattfindenden Anreicherung Pflanzenwurzeln nachhaltend zu schädigen vermögen.

Die günstige Absorptionswirkung des Kupfers im Erdboden tritt aber nur dann ein, wenn neutrale Flüssigkeiten vorliegen.

Versuche, die ich in der Art anstellte, dafs Bodenproben mit einer Kupferlösung versetzt wurden, welche aufser 10 mg Kupfer in 100 ccm Wasser noch geringe Mengen von Säuren,

(Fortsetzung des Textes auf S. 202.)

Tabelle III.

| Versuchs-Nr. | Die jedesmal von den Pulvern absorbierte Cu-Menge | | Versuchs-Nr. | Die jedesmal von den Pulvern absorbierte Cu-Menge | |
|---|---|---|---|---|---|
| | feines Marmorpulver | grobes Marmorpulver | | feines Marmorpulver | grobes Marmorpulver |
| | mg | mg | | mg | mg |
| 1 | 10,00 | 9,75 | 39 | 9,98 | 7,80 |
| 2 | 10,00 | 9,40 | 40 | 4,94 | 7,80 |
| 3 | 9,92 | 8,00 | 41 | 9,90 | 9,00 |
| 4 | 9,94 | 9,10 | 42 | 9,92 | 4,20 |
| 5 | 9,93 | 9,88 | 43 | 9,96 | 6,80 |
| 6 | 10,00 | 9,24 | 44 | 10,00 | 9,30 |
| 7 | 9,98 | 9,45 | 45 | 7,60 | 8,20 |
| 8 | 10,00 | 9,62 | 46 | 9,94 | 8,90 |
| 9 | 10,00 | 9,28 | 47 | 9,96 | 8,80 |
| 10 | 10,00 | 7,50 | 48 | 10,00 | 5,00 |
| 11 | 9,97 | 8,60 | 49 | 10,00 | 8,50 |
| 12 | 9,97 | 8,70 | 50 | 10,00 | 6,00 |
| 13 | 9,98 | 9,95 | 51 | 7,40 | 9,66 |
| 14 | 9,92 | 9,82 | 52 | 9,96 | 8,20 |
| 15 | 9,94 | 8,60 | 53 | 9,96 | 7,60 |
| 16 | 9,90 | 8,64 | 54 | 9,35 | 8,90 |
| 17 | 9,80 | 9,78 | 55 | 10,00 | 8,06 |
| 18 | 10,00 | 9,32 | 56 | 9,86 | 6,90 |
| 19 | 9,98 | 8,70 | 57 | 9,88 | 9,00 |
| 20 | 9,98 | 8,70 | 58 | 10,00 | 9,88 |
| 21 | 10,00 | 8,50 | 59 | 9,88 | 8,70 |
| 22 | 10,00 | 9,50 | 60 | 10,00 | 9,40 |
| 23 | 10,00 | 9,60 | 61 | 10,00 | 9,80 |
| 24 | 10,00 | 9,00 | 62 | 9,94 | 8,50 |
| 25 | 10,00 | 9,00 | 63 | 9,94 | 9,80 |
| 26 | 10,00 | 9,50 | 64 | 9,92 | 9,84 |
| 27 | 10,00 | 8,60 | 65 | 10,00 | 9,94 |
| 28 | 10,00 | 9,20 | 66 | 10,00 | 9,80 |
| 29 | 10,00 | 7,20 | 67 | 10,00 | 9,48 |
| 30 | 10,00 | 8,00 | 68 | 10,00 | 8,90 |
| 31 | 10,00 | 8,20 | 69 | 10,00 | 9,94 |
| 32 | 10,00 | 8,20 | 70 | 10,00 | 9,45 |
| 33 | 9,88 | 7,60 | 71 | 10,00 | 9,90 |
| 34 | 9,96 | — | 72 | 9,90 | 9,94 |
| 35 | 10,00 | 7,75 | 73 | 9,90 | 9,96 |
| 36 | 9,96 | 9,90 | 74 | 10,00 | 9,92 |
| 37 | 9,96 | 8,80 | 75 | 10,00 | 9,50 |
| 38 | 2,80 | 8,90 | 76 | 10,00 | 9,10 |

| Versuchs-Nr. | Die jedesmal von den Pulvern absorbierte Cu-Menge | |
|---|---|---|
| | feines Marmorpulver | grobes Marmorpulver |
| | mg | mg |
| 77 | 10,00 | 9,84 |
| 78 | 9,94 | 9,84 |
| 79 | 10,00 | 9,94 |
| 80 | 10,00 | 9,55 |
| 81 | 9,94 | 9,94 |
| 82 | 9,92 | 9,74 |
| 83 | 9,94 | 9,00 |
| 84 | 9,94 | 9,72 |
| 85 | 10,00 | 9,24 |
| 86 | 10,00 | 8,80 |
| 87 | 10,00 | 9,20 |
| 88 | 10,00 | 8,60 |
| 89 | 10,00 | 9,60 |
| 90 | 10,00 | 9,86 |
| 91 | 10,00 | 8,00 |
| 92 | 10,00 | 10,00 |
| 93 | 10,00 | 9,86 |
| 94 | 10,00 | 10,00 |
| 95 | 9,40 | 10,00 |
| 96 | 10,00 | 9,86 |
| 97 | 10,00 | 10,00 |
| 98 | 10,00 | 9,90 |
| 99 | 10,00 | 10,00 |
| 100 | 10,00 | 9,00 |
| 101 | 10,00 | 9,66 |
| 102 | 10,00 | 9,92 |
| 103 | 10,00 | 7,75 |
| 104 | 10,00 | 9,30 |
| 105 | 10,00 | 8,00 |
| 106 | 10,00 | 8,00 |
| 107 | 9,74 | 9,60 |
| 108 | 10,00 | 9,00 |
| 109 | 10,00 | 9,66 |
| 110 | 10,00 | 10,00 |
| 111 | 10,00 | 10,00 |
| 112 | 10,00 | 9,40 |
| 113 | 10,00 | 9,50 |
| 114 | 10,00 | 9,60 |
| 115 | 10,00 | 9,86 |
| 116 | 10,00 | 9,74 |
| 117 | 10,00 | 9,60 |
| 118 | 10,00 | 9,84 |
| 119 | 10,00 | 9,80 |
| 120 | 10,00 | 8,60 |
| 121 | 10,00 | 9,30 |
| 122 | 10,00 | 8,86 |
| 123 | 10,00 | 9,70 |
| | 1213,6 | 1102,6 |

nämlich 1/100 Normal-Schwefelsäure enthielten, ergaben, dafs diese geringe Säure die Absorption von Kupfer im Quarzboden gänzlich aufhob und nur in den Bodenarten, in welchen noch Alkalien, bzw. alkalische Erden vorkamen, wurde entsprechend der Neutralisation der vorhandenen freien Säure eine teilweise oder völlige Bindung des Kupfers herbeigeführt.

In den bisherigen Versuchen wurde nachgewiesen, dafs auf die Gröfse und Vollständigkeit der Kupferausfällung im Erdboden vor allem die chemische Zusammensetzung des Bodens Einflufs hat.

Wie bedeutend die absorbierende Kraft des Bodens für Kupfer ist, zeigen folgende Filtrationsversuche:

In einer Glasröhre wurden abgewogene Proben des Leipziger Sandes von 0,25 mm Korngröfse gefüllt und auf die Schicht Kupferlösungen von verschiedener Konzentration zur Filtration aufgegeben und beobachtet, wann die ersten Spuren Kupfers im Filtrate ankamen.

Bei einer Bodenmenge von 54.4 g Leipziger Sand wurden 300 ccm Lösung aufgegeben, welche 1 mg Kupfer in 100 ccm enthielt, ohne dafs eine Kupferreaktion im Filtrat auftrat; bei der weiteren Zugabe einer konzentrierteren Lösung von 2 mg Kupfer in 100 ccm konnte auch durch die Filtration von 200 ccm Lösung noch kein Kupfer im Filtrat nachgewiesen werden. Als dann eine noch konzentriertere Kupferlösung mit 5 mg Kupfer in 100 ccm aufgegossen wurde, konnten wiederum 250 ccm filtriert werden, ohne Anwesenheit von Kupfer im Filtrat, und als endlich eine Lösung mit 10 mg Kupfer in 100 ccm Flüssigkeit aufgegossen wurde, mufsten noch 351 ccm dieser Lösung durch den Boden filtrieren, bis nunmehr die ersten Spuren von Kupfer im Filtrate erschienen.

Es waren also durch die 54,5 g Boden = 39,3 ccm Volumen 1100 ccm kupferhaltiges Wasser hindurchfiltriert, bis endlich die ersten Spuren gelösten Kupfers im Filtrate nachgewiesen werden konnten.

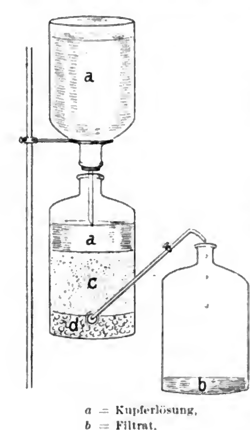
Bei diesem Filtrationsversuche hat also der Boden trotz des raschen Durchfliefsens der Kupferlösung 54,6 mg Gesamtkupfer absorbiert, das ist pro 1 kg Boden 1,004 g Kupfer.

Wurden Bodensorten von gröberer Korngröfse, 0,8 bis 2,0 mm angewendet, so erfolgte der Durchtritt von gelöstem Kupfer, wie leicht verständlich, frühzeitiger.

Bei einem solchen Versuche, bei welchem 83,6 g filtrierende Bodenmenge angewendet wurden, mufsten aber immerhin noch 663 ccm einer Kupferlösung von 1 resp. 2 und 5 mg Kupfer in 100 ccm benutzt werden, um im Filtrate die ersten Spuren Kupfers zu finden.

Von grofser praktischer Wichtigkeit erschien mir die Entscheidung der Frage, wie lange einzelne Sandproben imstande sind, ihre absorbierende Kraft für Kupfer auszuüben.

Zu diesem Zwecke wurde auf den Boden einer grofsen, 6 l haltenden Flasche eine Schicht grober Kies gebracht und auf diese Schicht der zu den Versuchen dienende Sand 11 cm hoch aufgeschichtet. Die Menge des zu diesem Versuche verwendeten Quarzsandes betrug 2500 g und hatte eine Korngröfse von 0,5 bis 1,0 mm.




*a* = Kupferlösung,
*b* = Filtrat,
*c* = Sand,
*d* = grober Kies.

Da die Flasche einen inneren Durchmesser von 13,5 cm hatte, betrug der Querschnitt bzw. die filtrierende Sandoberfläche 143,1 qcm.

Um nun die Filtration des kupferhaltigen Wassers durch die Sandlage in gleichmäfsiger und andauernder Form zu regulieren, wurde nachstehende Versuchsanordnung getroffen, wie sie die Zeichnung erläutert.

Nachdem die Sandflasche mit Flüssigkeit gefüllt war, so dafs dieselbe etwa 4 cm über der Sandoberfläche stand, wurde, durch ein Stativ getragen, eine Mariottesche Flasche aufgesetzt, welche die zu filtrierende Kupferlösung mit jedesmal 100 mg Kupfer in 1 l Wasser enthielt.

Um die Filtrationsgeschwindigkeit durch den Sand gleichmäfsig regeln und beherrschen zu können, wurde in die am Boden der Sandflasche befindliche Tubusöffnung ein gebogenes, mit einem Glashahn versehenes Abflufsrohr eingesetzt, welches durch einen Kork ging und so beweglich gehalten wurde, dafs teils durch Glashahnstellung, teils durch Tiefer- und Höherstellen dieses Ausflufsrohres die Filtration ganz nach Belieben tropfenweise geregelt werden konnte.

Die durch den Sand filtrierende Flüssigkeit wurde in einer Vorratsflasche aufgefangen und die hier vorhandene, durch den Sand filtrierte Kupfermenge täglich bestimmt.

Aufser der täglichen Kupferbestimmung im Filtrate war somit weiter keine Änderung des Versuchs erforderlich, als dafür zu sorgen, dafs in der Mariotteschen Flasche die erforderlichen Kupferlösungen regelmäfsig nachgefüllt wurden.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Filtration erfolgte, konnte durch Tiefer- und Höherstellen des Ausflufsrohres leicht geändert werden.

Dieselbe wurde vom 1. bis 29. Tage auf 0,126 mm Geschwindigkeit gehalten, bis zum 40. Tage auf 0,157 mm, bis zum 90. Tage auf 0,324 mm und bis zum 204. Versuchstage auf 0,252 mm.

Es wurde also durch die gegebene Sandfläche pro Minute eine Flüssigkeitsmenge filtriert, die so bedeutend ist, dafs pro Stunde 103,8 bis 277,8 ccm Kupferlösung aus der Sandflasche abflossen.

In folgender Tabelle gebe ich die Versuchsresultate der Sandfiltration, wobei ich zum Zwecke der Verkürzung der Tabelle die Ergebnisse der einzelnen Versuchstage in Gruppen von je 20 Tagen zusammenfasse.

Tabelle IV.

| Tag | Menge der filtrierten Cu-Lösung | Aufgegossene Cu-Menge | Bei der Filtration vom Sande absorbierte Cu-Menge | |
|---|---|---|---|---|
| | | | absolut | relativ |
| | l | g | g | % |
| 1—20 | 20 | 2,000 | 1,985 | 99,25 |
| 21—40 | 20 | 2,000 | 1,953 | 97,65 |
| 41—60 | 31 | 3,100 | 3,078 | 99,30 |
| 61—80 | 71 | 7,100 | 6,923 | 97,51 |
| 81—100 | 71 | 7,100 | 6,752 | 95,09 |
| 101—120 | 64 | 6,400 | 6,166 | 96,39 |
| 121—140 | 71 | 7,100 | 6,421 | 90,43 |
| 141—160 | 66 | 6,600 | 5,406 | 81,90 |
| 161—180 | 60 | 6,000 | 4,386 | 73,10 |
| 181—200 | 60 | 6,000 | 3,294 | 54,90 |
| 201—204 | 12 | 1,200 | 0,621 | 51,70 |
| | 546 | 54,600 | 46,985 | |

Während des Versuchs wurden somit im ganzen 546 l Kupferlösung mit 54,6 g Kupfer zur Filtration gebracht. Von diesem Kupfer wurden 46,98 = 86,0 % vom Sande absorbiert. Der Quarzsand hatte somit eine derartig hohe bindende Kraft für Kupfer, dafs pro Kilo Sand 18,76 g Kupfer festgehalten wurden.

Da der Sand noch am Ende des Versuchs (204. Tage) die Kraft hatte, 45 % des aufgegossenen Kupfers aufzunehmen, so war die Bindungskraft des Quarzsandes noch nicht erschöpft, wenn auch ein Teil des Kupfers bereits im gelösten Zustande passierte.

Über die makroskopischen Veränderungen des Sandes während des Filtrierens der Kupferlösung ist zu berichten, dafs nach einigen Tagen sich kleine blafsgrüne zerstreute Körner von Kupferoxydhydrat auf der Oberfläche des Sandes zeigen. Mit der Zeit vermehren sie sich, so dafs eine lockere grüne Schicht auf der Oberfläche des Sandes entsteht, während zugleich in der Tiefe desselben sich grüne Überzüge um die Sandkörner bilden. Allmählich stieg die Grünfärbung des Sandes in die tieferen Schichten herunter und mit diesem Zeitpunkte nahm auch der Gehalt an gelösten Kupfersalzen im Filtrate allmählich zu.

Es ist selbstverständlich, dafs bei der Filtration von Kupferlösungen im Sande komplizierte chemische Prozesse vor sich gehen, und dafs verschiedene Substanzen als Umsatzprodukte entstehen werden.

Versuche, die dahin ausgeführt wurden, um festzustellen, ob die Filtration zu irgend einer Zeit freie Schwefelsäure enthält, waren negativ.

Es wurden von der durch Sand filtrierten Kupferlösung wiederholt Mengen von 500 ccm eingedampft und qualitativ auf freie Säuren geprüft. Die Flüssigkeit wurde stets neutral gefunden.

Dafs jedoch eine Zersetzung des schwefelsauren Kupfers eingetreten war, zeigte die weitere Beobachtung, dafs die mit destilliertem Wasser hergestellte Kupferlösung im Filtrate nach der Filtration reichliche Mengen gebundener Schwefelsäure

(bestimmt mittels Ausfällens durch Chlorbaryum) enthielt, welche der Schwefelsäuremenge entspricht, die die aufgegossene Lösung von Kupfersulfat besafs.

Es gelingt somit durch einfache Filtration von Kupfersulfatlösungen während langen Zeiten das Kupfer zur Ausscheidung im Sandboden zu bringen.

In den folgenden beiden Versuchen wollte ich feststellen, wie die Kupfer absorbierende Kraft in Sandproben sich verhält, wenn gröfsere Wassergeschwindigkeiten eingeleitet werden. Es würde naturgemäfs vorteilhafter sein, eine gröfsere Filtrationsgeschwindigkeit ausführen zu können, wenn es sich darum handelt, ein mit Kupfer verunreinigtes Wasser zu reinigen.

Die zwei Versuche wurden angestellt:

1. mit reinen Quarzsandmengen und
2. mit derselben Menge Sand, bestehend aus Quarzsand mit beigemischtem Marmorsand.

Um zutreffende Vergleichswerte zu erhalten, wurden deshalb in zwei grofse Flaschen gleiche Gewichtsmengen Sand eingefüllt und die Durchleitung der Kupferlösung aus einer Marioteschen Flasche in derselben Weise vorgenommen, wie dies beim früheren Versuche beschrieben wurde.

Im Versuch 1 wurden 700 g reiner Quarzsand von 0,5 bis 1,0 mm Korngröfse verwendet und während 99 Tagen jeden Tag 1 resp. 2 und 3 l Kupferlösung mit 100 mg Kupfer in 1 l aufgegeben. Durch tiefere Schrägstellung des gebogenen Abflufsrohres und Hahnstellung wurde hier wie in dem nachfolgenden 2. Versuche eine gröfsere Filtrationsgeschwindigkeit von 0,234 bis 0,390 mm pro Minute gegeben.

In nachstehender Tabelle V sind die Mengen der aufgegossenen Kupferlösungen, sowie die bei jeder einzelnen Filtration im Sande absorbierten Kupfermengen und die Prozentmenge des absorbierten Kupfers mitgeteilt.

Tabelle V.

| Versuchs-Nr. | Menge der filtrierten Cu-Lösungen | Die bei jeder Filtration von dem Sand absorbierte Cu-Menge | Prozentzahl der absorbierten Cu-Menge im Vergleich zur Original-Cu-Lösung |
|---|---|---|---|
| | | mg | % |
| 1 | 2 | 180,0 | 90,0 |
| 2 | 2 | 80,0 | 40,0 |
| 3 | 1 | 40,0 | 40,0 |
| 4 | 2 | 40,0 | 20,0 |
| 5 | 1 | 10,0 | 10,0 |
| 6 | 2 | 20,0 | 10,0 |
| 7 | 2 | 40,0 | 20,0 |
| 8 | 1 | 25,0 | 25,0 |
| 9 | 2 | 40,0 | 20,0 |
| 10 | 1 | 30,0 | 30,0 |
| 11 | 2 | 70,0 | 35,0 |
| 12 | 1 | 40,0 | 40,0 |
| 13 | 2 | 80,0 | 40,0 |
| 14 | 1 | 65,0 | 65,0 |
| 15 | 2 | 90,0 | 45,0 |
| 16 | 1 | 35,0 | 35,0 |
| 17 | 2 | 100,0 | 50,0 |
| 18 | 2 | 70,0 | 35,0 |
| 19 | 2 | 130,0 | 65,0 |
| 20 | 2 | 90,0 | 45,0 |
| 21 | 2 | 130,0 | 65,0 |
| 22 | 2 | 80,0 | 40,0 |
| 23 | 3 | 105,0 | 52,5 |
| 24 | 2 | 100,0 | 50,0 |
| 25 | 2 | 130,0 | 65,0 |
| 26 | 2 | 150,0 | 75,0 |
| 27 | 2 | 140,0 | 70,0 |
| 28 | 2 | 178,0 | 89,0 |
| 29 | 2 | 172,0 | 86,0 |
| 30 | 2 | 168,0 | 84,0 |
| 31 | 3 | 234,2 | 78,0 |
| 32 | 2 | 164,0 | 82,0 |
| 33 | 2 | 170,0 | 85,0 |
| 34 | 3 | 234,0 | 78,0 |
| 35 | 3 | 240,0 | 80,0 |
| 36 | 2 | 189,0 | 94,5 |
| 37 | 2 | 195,0 | 97,5 |
| 38 | 2 | 197,6 | 98,8 |
| 39 | 2 | 198,0 | 99,0 |
| 40 | 2 | 198,6 | 99,3 |
| 41 | 2 | 198,0 | 99,0 |
| 42 | 2 | 198,8 | 99,4 |
| 43 | 3 | 295,6 | 98,4 |
| 44 | 2 | 181,0 | 90,5 |
| 45 | 2 | 195,2 | 97,6 |
| 46 | 2 | 180,0 | 90,0 |
| 47 | 2 | 198,8 | 99,4 |
| 48 | 2 | 198,6 | 99,3 |
| 49 | 2 | 195,2 | 97,6 |
| 50 | 2 | 185,0 | 92,5 |
| 51 | 3 | 260,8 | 86,9 |
| 52 | 3 | 227,8 | 75,9 |
| 53 | 3 | 229,0 | 76,3 |
| 54 | 3 | 251,5 | 83,8 |
| 55 | 3 | 241,0 | 80,3 |
| 56 | 3 | 230,0 | 76,6 |
| 57 | 2 | 186,0 | 93,0 |
| 58 | 3 | 287,2 | 95,7 |
| 59 | 2 | 178,0 | 89,0 |
| 60 | 2 | 156,0 | 78,0 |
| 61 | 2 | 176,0 | 88,0 |
| 62 | 2 | 191,0 | 95,5 |
| 63 | 2 | 176,0 | 88,0 |
| 64 | 2 | 180,0 | 90,0 |
| 65 | 3 | 266,8 | 88,9 |
| 66 | 2 | 196,8 | 98,4 |
| 67 | 2 | 193,0 | 96,5 |
| 68 | 2 | 187,0 | 93,5 |
| 69 | 2 | 198,4 | 99,2 |
| 70 | 2 | 196,0 | 98,0 |
| 71 | 2 | 196,4 | 98,2 |
| 72 | 2 | 190,0 | 95,0 |

| Versuchs-Nr. | Menge der filtrierten Cu-Lösungen | Die bei jeder Filtration von dem Sand absorbierte Cu-Menge | Prozentzahl der absorbierten Cu-Menge im Vergleich zur Original-Cu-Lösung | Versuchs-Nr. | Menge der filtrierten Cu-Lösungen | Die bei jeder Filtration von dem Sand absorbierte Cu-Menge | Prozentzahl der absorbierten Cu-Menge im Vergleich zur Original-Cu-Lösung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | mg | % | | | mg | % |
| 73 | 3 | 268,6 | 89,5 | 87 | 2 | 168,0 | 84,0 |
| 74 | 2 | 180,0 | 90,6 | 88 | 2 | 80,0 | 40,0 |
| 75 | 2 | 184,9 | 92,4 | 89 | 2 | 120,0 | 60,0 |
| 76 | 2 | 140,0 | 70,0 | 90 | 2 | 128,0 | 64,0 |
| 77 | 2 | 160,0 | 80,0 | 91 | 2 | 128,0 | 64,0 |
| 78 | 2 | 150,0 | 75,0 | 92 | 2 | 174,0 | 87,0 |
| 79 | 2 | 128,0 | 64,0 | 93 | 2 | 152,0 | 76,0 |
| 80 | 2 | 128,0 | 64,0 | 94 | 2 | 80,0 | 40,0 |
| 81 | 2 | 180,0 | 90,0 | 95 | 2 | 100,0 | 50,0 |
| 82 | 3 | 216,0 | 72,0 | 96 | 2 | 100,0 | 50,0 |
| 83 | 2 | 108,0 | 54,0 | 97 | 2 | 128,0 | 64,0 |
| 84 | 2 | 116,0 | 58,0 | 98 | 2 | 120,0 | 60,0 |
| 85 | 2 | 104,0 | 52,0 | 99 | 2 | 100,0 | 50,0 |
| 86 | 2 | 140,0 | 70,0 | | | | |
| | | | | | 206 | 15046,8 | |

Die Tabelle lehrt, dafs die Ausfällung des Kupfers im Quarzsande nicht gleichmäfsig erfolgt, sondern in den ersten Tagen erheblich geringer ist. In dem Mafse als Kupferteilchen sich auf der Oberfläche der Sandschicht, sowie in den Sandkörnern selbst ablagern, nimmt die Absorptionskraft erheblich zu und behält diesen Wert auch, wenn die zwei- und dreifache Menge Kuplerlösung, also auch die zwei- und dreifache Kupfermenge zur Filtration gebracht wird.

Hierauf folgt von dem 76. Versuchstage an eine konstante Abnahme der absorbierenden Kraft.

In dem vorstehenden Versuche, in welchem auf 700 g Sand 206 l Kupferlösung aufgegeben wurden, ist die beträchtliche Menge von 15,04 g = 71,9 % Kupfer ausgefällt und vom Boden absorbiert worden.

Der Grund, dafs der ursprünglich reine Quarzsand in der ersten Zeit erheblich weniger Kupfer absorbiert wie später, wird möglicherweise auf einer Kontaktwirkung beruhen, welche darin

besteht, dafs die Ausscheidung und das Unlöslichwerden des Kupferoxydhydrats an Sandteilchen und Oberflächen, welche bereits mit einer dünnen Schicht Kupferoxydhydrat überzogen sind, leichter und intensiver erfolgt. Es würde dies ein analoger Vorgang sein, wie er auch bei Enteisenungsanlagen zu beobachten ist, bei welchen, wie in der Leipziger Enteisenungsanlage, die eingeführten und als Filterschicht hergerichteten Kieslagen in der ersten Zeit des Betriebes das Eisenoxyd lange nicht in dem Mafse ausscheiden und festhalten, wie dies nach einiger Betriebszeit der Fall ist, wenn die Kiesschichten sich mit der festhaftenden gelben Schicht von Eisenoxydhydrat überzogen haben.

Bei dem zweiten Versuche wurden 700 g Sand, bestehend aus 600 g reinem Quarzsand und 100 g Marmorsand in derselben Versuchsweise und bei der gleichen Flaschengröfse wie in dem vorher beschriebenen Versuche angewendet. Auch hier wurde eine gröfsere Filtrationsgeschwindigkeit, nämlich 0,373 bis 0,418 mm pro Minute eingehalten und Kupferlösungen mit 100 mg Kupfer in 1 l Wasser aufgegeben.

Der Versuch dauerte in diesem Falle 146 Tage, während welchen jedesmal Mengen von 1 resp. 2 und 3 l zur Filtration gelangten.

Die Tabelle VI ergibt die Absorptionsgröfsen des Kupfers in den verwendeten 700 g Sand.

(Siehe Tabelle VI auf S. 211 u. 212.)

Es zeigt sich, dafs, wie von vornherein angenommen werden konnte, die Beimischung von 100 g Marmorsand zu Quarzsand einen aufserordentlich günstigen Erfolg hinsichtlich der Kupferabsorption in den obersten Schichten lieferte.

Zunächst ist hervorzuheben, dafs auch in diesem Versuche die Anfangsabsorption für Kupfer eine geringere war als in den späteren Tagen, aber diese Verringerung dauerte nur bis etwa zum 10. Tage, um von da an nahezu gleichmäfsig auf 98 bis 99% Absorptionsgröfse während mehr als 120 Tagen zu verbleiben. Es ist anzunehmen, dafs durch die Anwesenheit der

(Fortsetzung des Textes auf S. 213.)

Tabelle VI.

| Versuchs-Nr. | Menge der filtrierten Cu-Lösungen | Die bei jeder Filtration von dem Sand absorbierte Cu-Menge | Prozentzahl der absorbierten Cu-Menge im Vergleich zur Original-Cu-Menge | Versuchs-Nr. | Menge der filtrierten Cu-Lösungen | Die bei jeder Filtration von dem Sand absorbierte Cu-Menge | Prozentzahl der absorbierten Cu-Menge im Vergleich zur Original-Cu-Menge |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | mg | % | | | mg | % |
| 1 | 1 | 96,0 | 96,0 | 37 | 2 | 196,0 | 98,0 |
| 2 | 1 | 78,0 | 78,0 | 38 | 2 | 196,4 | 98,2 |
| 3 | 1 | 54,0 | 54,0 | 39 | 2 | 193,2 | 96,6 |
| 4 | 1 | 56,0 | 56,0 | 40 | 3 | 295,3 | 98,4 |
| 5 | 1 | 87,0 | 87,0 | 41 | 2 | 194,0 | 97,0 |
| 6 | 1 | 80,0 | 80,0 | 42 | 2 | 193,6 | 96,8 |
| 7 | 1 | 84,0 | 84,0 | 43 | 3 | 292,6 | 97,5 |
| 8 | 1 | 70,0 | 70,0 | 44 | 2 | 196,8 | 98,4 |
| 9 | 1 | 95,0 | 95,0 | 45 | 2 | 198,8 | 99,4 |
| 10 | 1 | 86,5 | 86,5 | 46 | 2 | 197,8 | 98,9 |
| 11 | 1 | 95,0 | 95,0 | 47 | 2 | 198,4 | 99,2 |
| 12 | 1 | 92,0 | 92,0 | 48 | 2 | 197,6 | 98,8 |
| 13 | 1 | 93,0 | 93,0 | 49 | 3 | 291,6 | 97,1 |
| 14 | 1 | 98,2 | 98,2 | 50 | 2 | 196,4 | 98,2 |
| 15 | 1 | 98,4 | 98,4 | 51 | 2 | 198,0 | 99,0 |
| 16 | 1 | 99,2 | 99,2 | 52 | 3 | 295,0 | 98,3 |
| 17 | 2 | 195,6 | 97,8 | 53 | 2 | 194,8 | 97,4 |
| 18 | 2 | 196,8 | 98,4 | 54 | 2 | 194,8 | 97,4 |
| 19 | 2 | 197,2 | 98,6 | 55 | 2 | 196,4 | 98,2 |
| 20 | 2 | 196,4 | 98,2 | 56 | 2 | 199,0 | 99,5 |
| 21 | 2 | 197,6 | 98,8 | 57 | 2 | 199,6 | 99,8 |
| 22 | 2 | 196,8 | 98,4 | 58 | 2 | 199,6 | 99,8 |
| 23 | 2 | 197,2 | 98,6 | 59 | 2 | 198,2 | 99,1 |
| 24 | 2 | 197,6 | 98,8 | 60 | 2 | 198,0 | 99,0 |
| 25 | 2 | 197,6 | 98,8 | 61 | 2 | 196,0 | 98,0 |
| 26 | 2 | 198,0 | 99,0 | 62 | 2 | 191,2 | 95,6 |
| 27 | 3 | 296,2 | 98,7 | 63 | 2 | 191,0 | 95,5 |
| 28 | 3 | 296,5 | 98,8 | 64 | 2 | 192,4 | 96,2 |
| 29 | 2 | 197,8 | 98,9 | 65 | 2 | 181,2 | 95,6 |
| 30 | 3 | 296,4 | 98,8 | 66 | 2 | 190,0 | 95,0 |
| 31 | 3 | 297,3 | 99,1 | 67 | 2 | 194,0 | 97,0 |
| 32 | 3 | 297,4 | 99,1 | 68 | 2 | 194,4 | 97,2 |
| 33 | 3 | 296,6 | 98,8 | 69 | 3 | 289,8 | 96,6 |
| 34 | 3 | 294,8 | 98,2 | 70 | 3 | 286,6 | 95,5 |
| 35 | 3 | 292,8 | 97,6 | 71 | 3 | 281,5 | 93,8 |
| 36 | 3 | 293,0 | 97,6 | 72 | 3 | 282,6 | 94,2 |

| Versuchs-Nr. | Menge der filtrierten Cu-Lösungen | Die bei jeder Filtration von dem Sand absorbierte Cu-Menge | Prozentzahl der absorbierten Cu-Menge im Vergleich zur Original-Cu-Menge |
|---|---|---|---|
| | | mg | % |
| 73 | 3 | 281,0 | 93,6 |
| 74 | 3 | 277,0 | 92,6 |
| 75 | 3 | 275,0 | 91,6 |
| 76 | 3 | 283,0 | 94,3 |
| 77 | 2 | 195,6 | 97,8 |
| 78 | 3 | 290,6 | 96,8 |
| 79 | 2 | 192,0 | 96,0 |
| 80 | 2 | 192,2 | 96,1 |
| 81 | 2 | 188,0 | 94,0 |
| 82 | 3 | 289,4 | 96,5 |
| 83 | 3 | 288,0 | 96,0 |
| 84 | 3 | 288,0 | 96,0 |
| 85 | 2 | 195,2 | 97,6 |
| 86 | 3 | 294,6 | 98,2 |
| 87 | 2 | 197,4 | 98,6 |
| 88 | 3 | 298,6 | 96,2 |
| 89 | 3 | 296,9 | 98,9 |
| 90 | 3 | 296,1 | 98,7 |
| 91 | 3 | 296,8 | 98,9 |
| 92 | 2 | 197,2 | 98,6 |
| 93 | 2 | 193,0 | 96,5 |
| 94 | 3 | 293,5 | 97,8 |
| 95 | 2 | 188,0 | 94,0 |
| 96 | 2 | 198,2 | 99,1 |
| 97 | 2 | 197,8 | 98,8 |
| 98 | 3 | 296,1 | 98,7 |
| 99 | 3 | 294,8 | 98,2 |
| 100 | 2 | 194,4 | 97,2 |
| 101 | 2 | 194,0 | 97,0 |
| 102 | 2 | 192,0 | 96,0 |
| 103 | 2 | 195,2 | 97,6 |
| 104 | 2 | 194,0 | 97,0 |
| 105 | 2 | 197,0 | 98,2 |
| 106 | 2 | 194,0 | 97,0 |
| 107 | 2 | 194,4 | 97,2 |
| 108 | 2 | 194,8 | 97,4 |
| 109 | 2 | 194,8 | 97,4 |
| 110 | 2 | 196,0 | 98,0 |
| 111 | 2 | 198,4 | 99,2 |
| 112 | 2 | 193,2 | 96,6 |
| 113 | 2 | 190,0 | 95,0 |
| 114 | 2 | 194,0 | 97,0 |
| 115 | 2 | 186,0 | 98,0 |
| 116 | 2 | 190,0 | 90,0 |
| 117 | 2 | 194,0 | 97,0 |
| 118 | 2 | 196,0 | 98,0 |
| 119 | 2 | 196,0 | 98,0 |
| 120 | 2 | 195,2 | 97,5 |
| 121 | 2 | 190,0 | 95,0 |
| 122 | 2 | 192,0 | 96,0 |
| 123 | 2 | 187,0 | 93,5 |
| 124 | 2 | 182,0 | 91,0 |
| 125 | 2 | 176,0 | 88,0 |
| 126 | 2 | 182,0 | 91,0 |
| 127 | 2 | 192,0 | 96,0 |
| 128 | 2 | 195,2 | 97,6 |
| 129 | 2 | 190,0 | 95,0 |
| 130 | 2 | 190,0 | 95,0 |
| 131 | 2 | 187,0 | 93,5 |
| 132 | 2 | 180,0 | 95,0 |
| 133 | 2 | 182,0 | 91,0 |
| 134 | 2 | 184,0 | 92,0 |
| 135 | 2 | 190,0 | 90,0 |
| 136 | 2 | 160,0 | 80,0 |
| 137 | 2 | 175,0 | 87,5 |
| 138 | 2 | 172,0 | 86,0 |
| 139 | 2 | 178,0 | 89,0 |
| 140 | 2 | 152,0 | 76,0 |
| 141 | 2 | 164,0 | 82,0 |
| 142 | 2 | 182,0 | 81,0 |
| 143 | 2 | 148,0 | 74,0 |
| 144 | 2 | 170,0 | 85,0 |
| 145 | 2 | 170,0 | 85,0 |
| 146 | 2 | 180,0 | 90,0 |
| | 310 | 29285,5 | |

kleinen Mengen von Marmorsand die Ausscheidung des Kupfers in dem Mafse gesteigert wurde, dafs schon sehr frühzeitig, wie auch die äufsere Farbe der Sandteilchen zeigte, das blaue Kupferoxydhydrat die Sandteilchen kräftig umhüllte und so die weitere Ausscheidung des Kupfers durch Kontaktwirkung begünstigte.

Weiter ist aus diesem Versuche zu entnehmen, dafs es im etwas kalkhaltigen Boden gleichgültig ist, ob gröfsere oder geringere Mengen von Kupferlösungen auf den Boden gelangen. Es erfolgt eine nahezu gänzliche Zerlegung der gelösten Kupfersalze trotz geringer Sandmenge und niedriger Schicht des Filters.

Im vorstehenden Versuche wurden 310 l Kupferlösung auf die Mischung von 600 g Quarzsand und 100 g Marmorpulver in 146 Tagen gegeben. Hierbei wurden 29,28 g Kupfer = 94,7 % ausgefällt und im Boden gebunden.

Bei dem Filtrationsversuche mit reinem Quarzsande (Tab. V) ergab sich, dafs pro 1 kg dieses Sandes 25,5 g Kupfer in 99 Tagen absorbiert wurden.

Bei dem Versuche, in welchem 600 g Quarzsand mit 100 g Marmorsand zur Filtration verwendet wurden, waren in 149 Tagen pro 1 kg dieses Sandgemisches 41,8 g Kupfer gebunden worden.

Rechnet man den Kubikmeter Sand zu 1560 kg, so hat derselbe in den angegebenen Zeiten bei dem reinen Quarzsande 39,8 kg Kupfer und bei dem marmorhaltigen Quarzsande 65,2 kg Kupfer aufgenommen.

Es ergibt sich somit, dafs sowohl reiner Quarzsand, wie insbesondere solcher mit kleinen Mengen von kohlensaurem Kalk versetzten eine ebenso kräftige wie nachhaltende Beseitigung des Kupfers aus Wasser ermöglicht.

Die Ergebnisse meiner Versuche lassen sich in folgende Schlufsfolgerungen zusammenziehen:

1. Bei der Filtration einer Kupferlösung durch Erdboden findet eine erhebliche bis vollständige Zerlegung der Kupfersalze statt, wobei sich Kupferoxydhydrat unlöslich im Erdboden ausscheidet.

2. Diese Zerlegung und Absorption der Kupfersalze findet jedoch nicht oder nur in geringem Mafse statt in Lösungen, welche sauer reagieren.
3. Auch in ganz reinem ausgewaschenem Quarzsande findet diese Zerlegung und Absorption statt, wobei dieselbe in der ersten Zeit geringer ist und in der späteren Zeit, sobald die Oberfläche der Sandkörnchen mit ausgeschiedenem Kupferoxyd mehr oder weniger überzogen ist, erheblich ansteigt.
4. Die Kupfermenge, welche in reinem Quarzboden während langer Filtrationsdauer aufgenommen wurde, stieg, auf den Kubikmeter Erde berechnet, bis 39,8 kg Kupfer, ohne dafs das Absorptionsvermögen völlig erschöpft gewesen wäre.
5. Sandboden und Erde, welche geringe Beimengungen von kohlensauren Erden enthalten, zeigen von Anfang an eine sehr vollständige und zugleich sehr lange Zeit andauernde Ausscheidung und Bindung des Kupfers. In einem während 149 Tagen fortgesetzten Versuche wurden pro cbm Sand 65,2 kg Kupfer festgebunden und war noch am letzten Tage die Absorption so wenig abgeschwächt, dafs noch an diesem Tage ca. 85% des aufgegebenen Kupfers täglich absorbiert wurde.
6. Hieraus folgt, dafs die Befürchtung, es könnte aus dem kupferhaltigen Wasser des Flusses Watarase Kupfer durch seitliches Ausströmen in den Boden eine Verderbnis der benachbarten Brunnen bedingen, nicht zu befürchten ist, indem die zwischen Flufs und Brunnen befindlichen Erdschichten hinlänglich grofs sind, um auch in sehr langen Zeitfristen das vom Flufswasser zugeführte Kupfer zurückzuhalten.
7. Dagegen ist die wiederholte und regelmäfsige Bewässerung der Gärten und Felder mit dem kupferhaltigen Wasser insofern ungünstig und bedenklich, als die an sich im Flufswasser vorhandenen geringen Mengen Kupfer

bereits in den obersten Bodenschichten der Felder ausgeschieden und gebunden werden. Es werden hierdurch abhängig von der aufgegebenen Wassermenge und der Filtrationsgeschwindigkeit des Bodens die obersten Lagen in hohem Grade kupferhaltig werden, so dafs die Entwicklung und Reifung der Pflanzen in solchem kupferhaltigen Boden beeinflufst und geschädigt werden kann, abgesehen davon, dafs die unter solchen Umständen gewonnenen Nahrungsmittel einen hohen Kupfergehalt aufweisen werden.

8. Die Filtration eines kupferhaltigen Wassers durch Quarzsand und noch zweckmäfsiger durch eine Mischung von Quarzsand und kohlensauren Erden ermöglicht eine weitgehende bis völlige Beseitigung des gelösten Kupfers. Voraussetzung hierbei ist, dafs die kupferhaltigen Abwässer neutral sind.

In den Kupferminen von Ashio werden die Abwässer seit einigen Jahren mit Kalkmilch versetzt und dann in Klärbecken geleitet. Die oberen geklärten Abwässer gelangen dann zu einem Filterbett, aus welchem das abfliefsende Wasser dann direkt in den Flufs Watarase geleitet wird.

Nach Untersuchungen in den Minen von Ashio enthält das filtrierte Abwasser:

| | | | |
|---|---|---|---|
| in Motoyama | 1,26—4,06 mg | Kupfer | in 1 l |
| in Tsudo | 0,25—0,59 mg | » | » |
| in Kotaki | 0,17—0,85 mg | » | » |

Nach meinen Versuchen würde zu prüfen sein, ob es nicht vorteilhafter wäre, die neutralen kupferhaltigen Abwässer durch hinreichend grofse Sandfilter von ihrem Kupfergehalte zu befreien.

Obgleich ich in meinen Versuchen mit der relativ grofsen Geschwindigkeit von 0,3 mm pro Minute durch eine sehr geringe Sandmenge filtrierte, war es möglich, mehrere Monate lang eine nahezu kupferfreie Lösung im Filtrate zu erhalten.

Es ist sehr wohl möglich, dafs auch die kupferhaltigen Abwässer des Minenwerks in Ashio durch hinreichend grofse und sachgemäfs ausgeführte Filteranlagen von den letzten Spuren Kupfer aus dem Abwasser befreit werden können, insbesondere wenn ein Filtermaterial angewendet wird, welches bestimmte Mengen von kohlensauren Erden enthält. Die Ausscheidung des Kupfers auf solchen Filteranlagen würde den Vorteil haben, dafs das gefällte Kupferoxyd in dichten Massen, teils auf dem Filter, teils in den obersten Schichten des Filters gebunden bleibt, so dafs die weitere Aufarbeitung und Verwertung des angesammelten Kupfers technisch erleichtert sein würde.

Zum Schlufs spreche ich Herrn Geheimrat Prof. Dr. Hofmann für die Überlassung des Materials und die gütige Leitung meinen herzlichsten Dank aus.

---

# Eine Differentialfärbung von Typhusbazillen in Schnitten.

Von

Prof. **H. Bonhoff.**

(Aus der hygienischen Abteilung des Instituts für Hygiene und experim. Therapie in Marburg.)

Infolge der Gramnegativität des Typhusbazillus bereitet der Nachweis desselben in Schnitten der Milz oder Mesenterialdrüsen besonders dem Anfänger nicht unerhebliche Schwierigkeiten. Eine Methode, die gestatten würde, diese Herde des Eberthschen Bazillus leichter aufzufinden, als das bisher in dem mit einer einfachen Farbe behandelten Schnittpräparat der Fall ist, wäre besonders für Kursuszwecke mit Freuden zu begrüfsen. Da ich über einige Stücke Milz einer Typhusleiche verfüge, die (nach 24stündigem Aufenthalt bei 37° vor der Härtung) fast in jedem Schnitt mehrere Herde von Typhusbazillen beherbergen, so waren verhältnismäfsig wenig Schwierigkeiten zu überwinden und vor allem nicht allzuviel Geduld bei der Ausarbeitung einer solchen Methode erforderlich.

Zunächst versuchte ich, mit einer Mischung von Eosin und Methylenblau eine Färbung des Gewebes in der einen, der Bazillen in der anderen Farbe zu erhalten. 1 proz. Lösungen beider Farbstoffe, in heifsem destilliertem Wasser hergestellt, wurden derart gemischt, dafs zu sechs Tropfen der 1 proz. Eosinlösung 5 ccm destillierten Wassers und dazu 6—12 Tropfen der 1 proz. Blaulösung gesetzt wurden. Nach gründlicher Durchmischung wurde etwas von dem Gemisch auf den auf dem

Objektträger befindlichen Schnitt gebracht und verschieden lange Zeit, nicht unter ½ Stunde, einwirken gelassen. Nachher wurde der Schnitt in gewöhnlicher Weise mit Essigsäure, Alkohol, Anilin-Xylol, Xylol weiter behandelt und in Balsam eingebettet.

Wie vorauszusehen, waren die Resultate bei diesem Verfahren zwar etwas bessere, die Bilder übersichtlicher und die Typhusherde leichter zu finden als bei Schnittfärbung mit nur einer Farbe. Zwischengewebe und Protoplasma der Zellen waren eben kräftig mit Eosin rosa gefärbt. Aber nicht nur die Bazillenherde, auch die Kerne hatten natürlich den blauen Farbstoff intensiv aufgenommen. Man kann nun zwar mit schwacher Vergröfserung den Fremdlingsherd bei einiger Übung sofort zwischen den Kernen heraus erkennen, zumal wegen seiner bedeutenderen Gröfse und seiner unregelmäfsigen Gestalt. Das Verfahren leistet aber nicht das, wonach ich trachtete, eine völlig distinkte Färbung des Gewebes einerseits, der Bakterien anderseits.

Vielleicht liefs sich mit Hilfe der durch Alkalien bei höherer Temperatur im Methylenblau hervorzurufenden dritten Farbe, des Methylenazurs, eine Differenzierung erreichen. In demselben Verhältnis, wie oben angegeben, gemischte Farben, bei denen das Blau zum Teil in Azur verwandelt war (Chloroformprobe), ergaben indes kein anderes Resultat, als mit Eosin und Blau allein erhalten war, mit dem Unterschiede, dafs Gewebskerne und Bakterien mehr violett als rein blau gefärbt waren. Auch Variationen in der Zusammensetzung der Farben, in der Dauer ihrer Einwirkung, in der Art der Differenzierungsflüssigkeiten liefsen einen besseren Erfolg nicht eintreten.

Versuche, durch Zusatz von Substanzen, die eine spezifische Verwandtschaft mit dem Typhusbazillus besitzen, zu der Bakterienfarbe vor der Mischung mit dem Eosin eine stärkere Bindung des Blau an die Typhusherde zu erreichen, eine Bindung, die auch einer Entfärbungsflüssigkeit standhalten müfste, welche den Kernen des Gewebes den Farbstoff sicher entzog, schlugen ebenfalls fehl. Es standen verschieden hochwertige Sera einer gegen Typhusbazillen allmählich hochgradig immunisierten Ziege zur Verfügung, die immer gleich nach Abscheidung des Blut-

kuchens zur Färbung benutzt wurden. Das wirksamste Serum agglutinierte (mikroskopisch) Typhusbazillen einer 24 stündigen Bouillonkultur noch in einer Verdünnung von 1 : 10000. Von den Seris wurden zur Methylenblau-Verdünnung 1 : 100 verschiedene Mengen, 1—10% zugesetzt und bis zu 24 Stunden auf dieselbe einwirken gelassen, ehe das Blau mit dem Eosin vermischt wurde. Zur Kontrolle wurden immer gleiche Mengen normalen, von nicht immunisierten Tieren stammenden Ziegenserums ebenfalls zu einer 1 proz. Methylenblaulösung zugesetzt, das Gemisch in genau gleicher Weise weiterbehandelt und an Schnitten geprüft. Das Resultat war ein völlig negatives, da sich irgend ein wesentlicher Unterschied in der Wirkung der Farbflüssigkeiten mit spezifischem Serum und derer mit normalem niemals feststellen liefs. War einmal etwas Derartiges festzustellen, so fiel der günstigere Effekt immer eher auf die Seite des Gemisches mit normalem Serum. Die Färbungserfolge mit diesen Gemischen heben sich aber deutlich ab von den Färbungen, welche mit den Farblösungen allein, ohne Zusatz des Serums, erhalten wurden. Die mit Farbe und Serum behandelten Schnitte waren immer viel kräftiger gefärbt, auch widerstandsfähiger gegenüber der Differenzierungsbehandlung, vor allem gegen Säuren und Alkohol. Die Resultate waren demnach, besonders hinsichtlich der Haltbarkeit der Präparate, bessere. Dieser Vorteil ist wohl allein auf die Erhöhung der Alkaleszenz der Gemische durch den Serumzusatz zurückzuführen und würde sich vermutlich mit irgend einem anorganischen Alkali ebenso gut erreichen lassen. Eine Differentialfärbung von Kernen und Bakterien war auch mit diesen Versuchen nicht erzielt.

Es schien nun noch lohnend, für den angegebenen Zweck eine weitere Methode zu versuchen, die zur Doppelfärbung der Gonokokken und Eiterzellen des Trippersekretes von Pick und Jacobsohn schon vor mehreren Jahren angegeben und, wie ich mich überzeugt habe, für Differentialfärbung der Gonokokken in ausgezeichneter Weise zu verwenden ist. Die Methode besteht bekanntlich darin, zwei basische Anilinfarben, und zwar 15 Tropfen Ziehlscher Lösung und 8 Tropfen gesättigter alkoho-

lischer Methylenblaulösung in 20 ccm destillierten Wassers zu lösen und einige Tropfen des Gemisches kalt 10 Sekunden lang auf die Deckglaspräparate einwirken zu lassen. Dieselbe Farblösung habe ich auch verwendet, um eine Differentialfärbung der Typhusbazillen in Schnitten zu erhalten. Da es sich um Schnitte handelte, liefs ich das Gemisch entsprechend längere Zeit, nicht unter einer Viertelstunde, und auch kalt einwirken. Bei dieser Behandlung und gewissen Veränderungen hinsichtlich der Zusammensetzung der Flüssigkeit (etwas weniger Blau) zeigte sich der Schnitt immer gleichmäfsig violett gefärbt, beide Farben waren gleichmäfsig von dem Gewebe und den Bakterien aufgenommen.

Es ist nun aber sehr leicht möglich, mit diesem von Pick und Jacobsohn angegebenen Farbengemisch gute Bilder mit völlig differenter Färbung der Bakterien und des Gewebes zu erhalten. Nur eine geringe Veränderung der Technik ist nötig. Bekanntlich empfiehlt es sich im allgemeinen nicht, Schnitte zu erhitzen oder mit erwärmten Farblösungen zu behandeln, weil dadurch die Struktur des Gewebes leicht ganz verloren geht. Wenn man indes die Erwärmung nicht zu hoch treibt, das warme Farbgemisch nur ganz kurze Zeit einwirken läfst, so geht von der Gewebszeichnung gar nichts verloren, dazu tritt die stärkere Affinität der Bakterien zu dem Methylenblau, des Gewebes zu dem Fuchsin bei der höheren Temperatur deutlich hervor.

Demgemäfs empfiehlt sich folgendes Vorgehen: Der Schnitt kommt aus absolutem Alkohol auf den Objektträger, wird gewässert und in der Mitte des Glases fixiert. Jetzt läfst man ca. fünf Tropfen des frisch bereiteten Farbengemisches — nicht ganz, wie es Pick und Jacobsohn angegeben haben, sondern nur 4 gtt gesättigter alkoholischer Methylenblaulösung zu 15 gtt Ziehl und 20 ccm destillierten Wassers — zunächst etwa 2 Minuten kalt auf den Schnitt einwirken. Sodann wird einmal über dem klein gedrehten Gasbrenner solange erwärmt, bis deutlich Dämpfe aufsteigen; dann wird sofort der Objektträger von der Flamme entfernt, der Farbstoff abgegossen, mit Wasser nachgespült und nun in gewöhnlicher Weise die Differenzierung

mit 1 proz. Essigsäure vorgenommen. Die Essigsäure entfernt, wie der Augenschein lehrt, nur blauen Farbstoff aus dem Schnitt. Es folgt Wasserspülung. Die Entwässerung macht man nicht mit absolutem Alkohol, weil dadurch beträchtliche Mengen Karbolfuchsin dem Schnitte entzogen würden; sondern (nach oberflächlichem Trocknen des Schnittes durch Fliefspapier) mit mehreren Portionen Anilin : Xylol āā hintereinander, die man zusammen mindestens einige Minuten einwirken läfst. Auch damit wird nur Methylenblau entfernt.

Wenn der Schnitt nach Xyloleinwirkung in Balsam unter dem Deckglase liegt, ist er in toto leuchtendrot gefärbt, auch die Kerne des Gewebes. Sind Herde von Typhusbazillen vorhanden, so sieht man dieselben schon bei schwacher Vergröfserung als intensiv himmelblau gefärbte Stellen verschiedenster Gröfse und Umgrenzung in dem roten Gewebe liegen. Ich habe mich davon überzeugt, dafs alle diese blauen Stellen aus Bazillenherden bestehen. Höchst selten sind einmal blaue Flecke vorhanden, die nicht Typhusherde sind, sondern aus Leinwandfasern, gefärbten Staubpartikelchen u. dgl. bestehen, die aber selbst der Anfänger nicht für Typhusherde halten wird. Die Erleichterung der Auffindung von Typhusbazillen ist besonders für den Anfänger beträchtlich. Das Verfahren hat sich auch in meinem letzten Kursus für jedermann als sehr leicht ausführbar erwiesen.

---

# Über die Identität des Loefflerschen Mäusetyphusbazillus mit dem Paratyphusbazillus des Typus B.

Von

Prof. **H. Bonhoff** (Marburg a/L.).

Seitdem Loeffler im Jahre 1892 zum ersten Male seinen Mäusetyphusbazillus in der Praxis zur Bekämpfung der Feldmausplage in Thessalien versucht hat, ist in unzähligen, zum Teil sehr ausgedehnten Experimenten mit wechselndem Erfolge eine Aussaat des genannten Mikroorganismus zum gleichen Zwecke unternommen worden. Dabei ist gewifs sehr häufig, besonders wenn Laien, wie wohl zumeist geschehen ist, die Bereitung der Bakterienkultur und die Abschwemmung derselben, sowie die Infektion der Brotstückchen ausführten, ein Haftenbleiben der Loefflerschen Bazillen an den Händen, eine Übertragung auf Nahrungsmittel und auf diesem oder einem etwas anderen Wege ein Hineingelangen der Mikroben in den menschlichen Darm erfolgt. Wer die Gebrauchsanweisung, wie sie z. B. die Firma Schwarzlose den Reinkulturen des Loefflerschen Bazillus beilegt, durchliest, dem mufs sich die Notwendigkeit der »Darminfektion« des Menschen, der auf die vorgeschriebene Weise manipuliert, von selbst aufdrängen. Zur Erläuterung seien folgende Sätze aus der »Belehrung für den Gebrauch« wörtlich angeführt:

»Mit der abgekühlten, höchstens lauwarmen Flüssigkeit — (NaCl-Lösung) — fülle man das Kulturröhrchen nach Entfernung

des Wattepfropfens zu etwa $^2/_3$ an, lockere mit Hilfe eines Holzstäbchens oder sonstigen passenden Gegenstandes durch Hin- und Herfahren auf der Oberfläche den Überzug, schüttele tüchtig mit aufgelegtem Daumen, damit die gröfseren Flocken des Überzuges sich zerteilen, entleere dann den ganzen Inhalt des Röhrchens in die Kochsalzlösung und spüle das Röhrchen mehrmals damit aus. Die aus dem Reagensglase entleerten gröfseren, nicht zerteilten Stücke zerdrücke man mit der Hand in der Flüssigkeit und verteile sie durch Umrühren in derselben. . . . Die Würfel — (Brotes) — werden in den Kessel geworfen und mit den Händen mehrmals darin untergetaucht, damit sie sich gehörig vollsaugen. . . . Der Arbeiter wirft auf dem Felde in jedes Mauseloch ein Stück Brot hinein . . .« etc.

Trotz gewifs häufigster Befolgung dieser Vorschrift hat bisher in zwölf Jahren ausgedehntesten Gebrauches und starker, künstlicher Verbreitung des Mäusetyphusbazillus in der unmittelbaren Umgebung des Menschen niemals etwas von einer Schädlichkeit des Mikroben für den Menschen verlautet. Erst in allerjüngster Zeit hat Trommsdorff auf dem Brüsseler Internationalen Kongrefs und ausführlich in der Münchener medizin. Wochenschrift vom 1. Dezember 1903 (Nr. 48, S. 2092 ff.) über eine Beobachtung berichtet, die zwar nicht den Beweis für die Pathogenität des Mäusetyphusbazillus für den Menschen erbringt, aber immerhin geeignet ist, wegen der auffallenden Verbindung von Mäusebekämpfung mit Darmerkrankungen der dieselbe ausführenden Menschen an dieser Stelle referiert zu werden. Es handelt sich um Erkrankungen an Erbrechen und heftigen Durchfällen, die im Anfang Mai 1903 in einigen München benachbarten Ortschaften auftraten. »Einer der Erkrankten starb. Der behandelnde Arzt vermutete nun, da seine sämtlichen bezüglichen Patienten mit dem Legen resp. Verteilen von »Mäusegift« zu tun gehabt hatten, dafs das zur Verwendung gekommene, wahrscheinlich verunreinigte Präparat in ursächlichem Zusammenhange mit den Erkrankungen stünde . . . .« »Von 13 verdächtigen Erkrankten kamen nur 9 in direkte Berührung mit dem Gift, d. h. besorgten das Legen und Verteilen desselben; drei andere Erkrankte waren

mit solchen Personen in gemeinschaftlicher Wohnung und Ernährung, und der 13. hatte nur an dem Gift »gerochen«. Andere und zwar viele Personen, die mit dem Gift direkt zu tun hatten, sind **nicht** erkrankt.

Die Erkrankungen traten fast sämtlich zwei Tage, nachdem die betr. Personen mit dem Mäusegift zu tun hatten, auf und waren meist einfache Diarrhöen leichter Natur von 2—7 tägiger Dauer (2—8 Stühle täglich); nur 3—4 Fälle, bei denen auch vorübergehend Erbrechen auftrat, waren als mittelschwer, aber bei geeigneter Behandlung und Diät als ganz ungefährlich zu bezeichnen: Cholera nostras.

Dazu kommt der eine Todesfall, der auf eine mifsliche Verkettung von allerlei Umständen zurückgeführt wird (grobe Diätfehler und Alkoholexzesse tags zuvor bei einem angeblich an »Lungensucht« leidenden, im letzten Jahre abgemagerten und schwach gewordenen Mann, dessen drei Brüder angeblich an »Lungensucht« starben).

Ein Mann, der nachweislich drei Bissen des infizierten Brotes gegessen, erkrankte nur ganz leicht an Durchfällen.

Bei fast sämtlichen Erkrankten konnten schwere Diätfehler kurz vor der Erkrankung nachgewiesen werden, und ähnliche Epidemien von Magendarmkatarrhen sollen zur Sommerszeit in der »stark biertrinkenden Gegend« nicht zu den Seltenheiten gehören. So behandelte der kgl. Bezirksarzt selbst, zur Zeit als die verdächtigen Erkrankungen vorkamen, in Ortschaften, die gar nichts mit dem Gifte zu tun hatten, zehn Fälle an »ganz den nämlichen Störungen«. Seiner Ansicht nach kann daher in keinem einzigen der Fälle auch nur mit annähernder Wahrscheinlichkeit das Mäusegift (also der Loefflersche Bazillus), wohl aber in allen Fällen unrichtige Diät als Ursache der Erkrankungen bezeichnet werden.«

Trommsdorff hat aus zweien Stühlen Bazillen isoliert, die sich mäfsig reichlich auf den Platten fanden, und welche morphologisch, biologisch, im Tierversuch und im Agglutinationsversuch mit spezifischem Serum sich als Mäusetyphusbazillen auswiesen.

Er hat dann auch das Blut der lebend gebliebenen zehn Erkrankten und zur Kontrolle das Blut von fünf gesunden Personen auf die Agglutinationsfähigkeit gegenüber echten, von Loeffler erhaltenen Mäusetyphusbazillen untersucht und bei sechs der Erkrankten eine als positiv, zum Teil als stark zu bezeichnende Wirkung des Serums gefunden. Er meint, die Tatsache, dafs sich der Mäusetyphusbazillus im Darme des Menschen so üppig vermehre, fordere zu grofser Vorsicht bei Verwendung der Kulturen und sorgfältiger Überwachung seiner Anwendung in der Zukunft auf.

Im Hinblick auf diese Mitteilung Trommsdorffs wird es sich empfehlen, die älteren Mitteilungen über direkte Versuche am Menschen sich ins Gedächtnis zurückzurufen, welche in Loefflers Gegenwart von einigen griechischen Herren am eigenen Körper vorgenommen wurden, um den thessalischen Bauern die Ungefährlichkeit der neuen Methode der Mäusebekämpfung ad oculos zu demonstrieren. Loeffler schreibt darüber[1]): Einzelne der Herren, welche das Brot an die Bauern verteilten, afsen vor den Augen derselben Stücke des infizierten Brotes, um dessen Unschädlichkeit für den Menschen selbst darzutun. Versuche am Menschen hatte ich naturgemäfs vorher mit dem Bazillus nicht angestellt; ich hatte nur meine Ansicht dahin geäufsert, dafs ich irgend welche Schädigungen des Menschen durch den Bazillus nicht für wahrscheinlich hielt. Diese Äufserung hatte aber genügt, um meine von dem regsten Eifer für die Sache erfüllten Begleiter zu veranlassen, ohne weiteres zur Beruhigung der Bauern Efsversuche an sich selbst vorzunehmen. Im übrigen dienten sozusagen wir alle, die wir mit der Imprägnierung des Brotes, ebenso wie auch die Bauern, welche mit der Verteilung desselben zu tun hatten, als Versuchsobjekte, da von einer sorgfältigen Desinfektion der Hände und namentlich der zum Transport verwendeten Körbe nicht die Rede sein konnte. Alle diese zahlreichen, an Menschen und Tieren angestellten Versuche haben, wie ich auch nach meinen

1) Centralbl. f. Bakt. u. Parasitenk., XII, 1892, S. 12/13.

diesbezüglichen Versuchen mit Zuversicht erwarten durfte, die völlige Unschädlichkeit des Bazillus zur Evidenz erwiesen. Der Bazillus ist eben vom Digestionstraktus aus nur für Haus- und Feldmäuse pathogen.«

Diese Anschauung Loefflers findet jedenfalls eine bestätigende Bekräftigung in der eingangs erwähnten Tatsache, dafs es bisher mit Ausnahme des Trommsdorffschen Falles trotz stärkster Verbreitung der Loefflerschen Bazillen nicht zu Erkrankungen des Menschen gekommen ist, wenigstens nicht an Typhus. Und es müfste wiederholentlich zu kasuistischen Mitteilungen, ähnlich derjenigen Trommsdorffs kommen, ehe dieser Glaube an die Ungefährlichkeit des Loefflerschen Bazillus für den Menschen erschüttert würde. Wenn ich trotzdem im folgenden einer etwas gröfseren Vorsicht in der Verwendung des Loefflerschen Bazillus das Wort reden werde, so stützt sich diese meine Auffassung, wie ich gleich vorweg bemerken will, nicht auf irgend welche Beobachtungen in der Praxis, eigene oder fremde, sondern lediglich auf eine Anzahl experimenteller Untersuchungen, über die ich zum Teil schon auf der Kasseler Naturforscherversammlung berichtet habe. Es handelt sich dabei um vergleichende Untersuchungen, die mir eine völlige Identität des Loefflerschen Bazillus mit dem Kurth-Schottmüllerschen Paratyphusbazillus »B« ergeben hatten.

Zu diesen Experimenten war ich durch folgendes zufällige Zusammentreffen angeregt worden. Wie Dr. Siebert im 34. Bande des Centralbl. f. B. u. P., I. Abt. Originale, mitgeteilt hat, war es ihm bei einer Arbeit in meinem Laboratorium gelungen, durch intravenöse Impfungen von Kaninchen mit steigenden Dosen auf 60° C erwärmter Kulturen des Loefflerschen Bazillus ein Serum zu erhalten, das sich bei der Prüfung gegenüber einer Anzahl coliähnlicher Bakterienarten als spezifisch für den Mäusetyphusbazillus erwies, mit der Ausnahme, dafs auch der Paratyphusbazillus B. Schottmüller, und zwar durch gleich niedrige Serummengen, wie der Loefflersche Bazillus selbst, agglutiniert wurde. Gleichzeitig war Dr. Boediker mit einer Untersuchung darüber beschäftigt, ob eine von mir aus einem

Brunnen des Dorfes Caldern bei Marburg erhaltene und im C. f. B. beschriebene Stäbchenart als identisch mit Paratyphusbazillen aufzufassen sei. Die Untersuchung, die den Entscheid über diese Frage ebenfalls durch Gewinnung spezifischer Sera und den Agglutinationsausfall anstrebte, hat gezeigt, dafs der Bazillus Caldern mit Paratyphusbazillen ebensowenig wie mit Typhusbazillen identisch ist. Sie hat aber auch ergeben, dafs das Blutserum von Kaninchen, die mit Paratyphusbazillus B vorbehandelt sind, unter allen geprüften anderen Bakterienarten nur den Mäusetyphusbazillus Loefflers in etwa denselben Verdünnungsverhältnissen agglutinierte, wie den zur Vorbehandlung der Kaninchen verwendeten Bazillus selber. Diese beiden Resultate, erhalten von völlig unabhängig voneinander arbeitenden Personen, mufsten zu einer genauen Nachprüfung der ja auch praktisch nicht unwichtigen Frage führen, ob tatsächlich völlige Identität zwischen dem Paratyphusbazillus B und dem Mäusetyphusbazillus bestehe. Die Prüfung hat sich selbstverständlich auf sämtliche Eigenschaften der beiden genannten Bakterienarten erstreckt.

In meinem Vortrage in Kassel habe ich als Resultat dieser von mir vorgenommenen Prüfung etwa Folgendes mitgeteilt:

Das morphologische Verhalten der aus verschiedenen Quellen, von Schwarzlose und Král frisch erhaltenen, sicheren Reinkulturen der beiden Mikroben läfst irgend eine Differenz nicht auffinden. Die auftretenden Formen, einzeln oder in Verbänden, die Gröfse derselben, die Eigenbewegung, die Anzahl der färbbaren Geifseln, ferner der Sporenmangel, das Auftreten stärker lichtbrechender Gebilde an den Polen bei Züchtung auf Kartoffeln, alle diese Dinge sind beiden Arten gleichmäfsig zukommend. Auch bezüglich der Färbbarkeit bestehen keine Unterschiede: Gramnegativität, Körnchenfärbung an den Polen bei Kartoffelkulturen beider Arten.

Die Prüfung des biologischen Verhaltens liefs ebenfalls keine Unterschiede hervortreten, die von ausschlaggebender Bedeutung gewesen wären. Die Paratyphusbazillen nehmen bekanntlich eine Mittelstellung zwischen den Typhusbazillen und den Coliarten ein, charakterisiert durch negative Indolreaktion, Nicht-

ausscheidung des Milchkaseins einerseits, durch Vergärung des Traubenzuckers und Farbenveränderung des Neutralrots anderseits. Die Unterschiede der beiden Arten von Paratyphusbazillen, als A und B bezeichnet, treten hauptsächlich bei Züchtung in Milch, in Lackmusmolke und auf geeigneten Kartoffeln hervor. Während Paratyphusbazillus A sich in seinem Wachstum auf diesen drei Nährböden völlig analog dem Typhusbazillus verhält, also die Milch überhaupt nicht verändert, Lackmusmolke gar nicht rötet, demnach keine Säure bildet und auch auf geeigneten Kartoffeln, d. h. auf solchen, die bei Beimpfung mit Bact. coli Oberflächenwachstum zeigen, einen sichtbaren Rasen nicht erzeugt, ist bekanntlich das Charakteristische des Wachstums des Paratyphusbazillus B die Aufhellung der Milch nach längerem Aufenthalt bei 37°, die anfangs starke Säurebildung, gefolgt von starker Alkalibildung in Lackmusmolke und ein sehr kräftiges Oberflächenwachstum auf Kartoffeloberflächen, die dem mit darauf geimpften Eberth-Gaffkyschen Bazillus nur Tiefenwachstum gestatten.

Die Loefflerschen Mäusetyphusbazillen verhielten sich bei der Vergleichung genau wie Paratyphusbazillus B: Indolreaktion negativ, Milch nicht gerinnend, Vergärung des Traubenzuckers, nicht des Milchzuckers (auf »Drigalski« blaue Kolonien), Neutralrot verfärbt; bei längerem Aufenthalt im Brutschrank wird die Milch genau gleichmäfsig wie bei dem mit Paratyphusbazillus B beimpften Röhrchen aufgehellt; auf Kartoffeln gibt es einen kräftigen Oberflächenbelag, Lackmusmolke wird zunächst gesäuert und dann eher als bei Paratyphusbazillus B, auch stärker alkalisch; auf allen anderen noch einmal geprüften Nährböden keine Unterschiede. Die Übereinstimmung des biologischen Verhaltens ist also eine so vollständige, als man überhaupt erwarten kann. Auch ist sie bei allen drei, aus verschiedenen Quellen bezogenen Kulturen des Loefflerschen Bazillus vorhanden.

Demnächst war das pathogene Verhalten der beiden Mikroben miteinander zu vergleichen. Es geschah dies nur bei weifsen Mäusen und Meerschweinchen. Weifse Mäuse erkranken bekanntlich nach Fütterung mit Loefflerschen Bazillen am

4. bis 5. Tage und gehen ca. 7 bis 14 Tage nach der Fütterung zugrunde, mit typischen Veränderungen im Dünndarm, die meist von Blutungen in den Darm begleitet sind. Kurth gibt an, dafs er bei Fütterung mit Paratyphusbazillen bei weifsen Mäusen nie eine Erkrankung habe erzeugen können. Es war also zu erwarten, dafs hier eine Abweichung in dem Verhalten beider Arten sich werde feststellen lassen. Zu meinem Erstaunen gingen indessen meine mit Paratyphusbazillus gefütterten Mäuse in derselben Zeit und mit denselben Erscheinungen ein, auch mit deutlichen Darmblutungen, wie sie Loeffler für den Mäusetyphus beschrieben hat. Diese Versuche, an 12 weifsen Mäusen angestellt, die in demselben Prozentsatz, wie mit Loefflerschen Bazillen Gefütterte der Infektion erlagen, sind indessen zu wiederholen, besonders im Hinblick auf Kurths negativen Befund, ehe man in der Lage sein wird, Schlüsse zu ziehen.

Noch eine weitere zur Prüfung auf pathogenes Verhalten angestellte Versuchsreihe darf ich kurz anführen: Meerschweinchen, mit minimalen Dosen frischer Agarkulturen der einen oder der anderen Bakterienart intraperitoneal geimpft, starben innerhalb 24 bis 48 Stunden an Peritonitis und zeigten neben den für letztere charakteristischen Veränderungen eine intensive Braunrotfärbung der Nebennieren, wie sie für die subkutan erfolgte Vergiftung dieser Tiere mit Diphtheriegift oder -bazillen charakteristisch ist. Bei Vergleichsimpfungen mit echten Typhusbazillen und Paratyphusbazillus A liefs sich eine solche Veränderung der Nebennieren nie feststellen.

Mag man allen diesen Prüfungen nun grofse oder geringe Beweiskraft zumessen, das Wichtigste für eine Vergleichung der beiden Mikrobenarten war jedenfalls die Feststellung ihres Verhaltens gegenüber spezifischem Serum in bezug auf Agglutination und Bakterizidie.

Zur Erzeugung spezifisch agglutinierenden Serums war eine Anzahl Kaninchen intravenös mit steigenden Dosen auf 60° C eine Stunde lang erwärmter Agarkulturen einer der beiden Mikrobenarten behandelt worden. 14 Tage nach der letzten, meist der sechsten Einspritzung, bei der 10—12 ganze Agarkulturen

verimpft waren, wurde aus der Carotis Blut entnommen und das Serum sowohl der mit Mäusetyphus, als der mit Paratyphusbazillus B geimpften Kaninchen auf Agglutination gegenüber beiden Bakterien geprüft. Es ist mir nicht möglich gewesen, bei diesen Versuchen wesentliche Unterschiede festzustellen. Wohl kam es vor, dafs die stärkeren Verdünnungen des Serums die zur Immunisierung der Kaninchen verwendete Bakterienart etwas schneller bzw. schon bei Zimmertemperatur agglutinierten, während bei der »fremden« Bakterienart die Verklumpung erst nach etwa ½stündigem Aufenthalt im Brutschrank deutlich wurde. Aber auch das Umgekehrte, dafs die »fremde« Art leichter und schneller spezifisch beeinflufst wurde, trat zuweilen ein. Jedenfalls waren die Verdünnungsgrade, bei denen noch eine Wirkung sich zeigte, und die Art der Wirkung bei den verschiedenen Verdünnungen genau die gleichen bei beiden Serum- und Bakterienarten.

Um ganz sicher zu gehen, um bei diesen zu einer Gruppe gehörigen und natürlich vielerlei Verwandtschaftliches bietenden Mikrobien den Einwand womöglich auszuschliefsen, dafs wohl nur eine Anzahl von »Rezeptoren« beiden Arten gemeinsam sei, daneben aber differente Gruppen solcher in genügender Anzahl sich bei schärferer Prüfung nachweisen lassen würden, hatte ich mit jeder der beiden Serumarten in einem Falle den sogenannten Castellanischen Versuch ausgeführt, d. h. die betreffende Serumverdünnung mit der spezifischen Bakterienart bis zum Ausbleiben der Verklumpung abgesättigt und dann nach Zentrifugieren zu der klaren Flüssigkeit die »fremde« Art zugesetzt. In beiden Versuchen war auch bei mehrstündigem Aufenthalt im Brutschrank eine Verklumpung der »fremden« Bakterienart nicht eingetreten; mit den für die zugehörige Art spezifisch agglutinierenden Substanzen waren auch die die »fremde« Art verklumpenden verschwunden. Anders ausgedrückt, nicht nur ein Teil, sondern sämtliche »Rezeptoren« mufsten bei den beiden Mikrobenarten identisch sein.

Endlich hatte ich auch bezüglich des letzten Punktes, der spezifischen Bakterizidie, bereits in Kassel über positive Befunde, d. h. über Identität beider Mikrobien berichten können.

Der Pfeiffersche Versuch, an Meerschweinchen mit den nötigen Kontrollen unternommen, hatte bei beiden durch subkutane Impfung von Kaninchen mit steigenden Dosen lebender Kulturen erhaltenen Serumarten Auflösung der Bakterien in der Bauchhöhle der Versuchstiere ergeben, gleichgültig welche Bakterienspezies dem Serum zugefügt wurde.

Im Anschlufs an die Mitteilung dieser Experimente hatte ich dann in Kassel betont, dafs, falls diese Versuche Bestätigung von anderer Seite erfahren sollten, es ratsam sei, die bisherige sorglose Verbreitung des Mäusetyphusbazillus aufzugeben. Sollte sich wirklich völlige Identität zwischen den Bazillen des Mäusetyphus und dem Paratyphusbazillus B herausstellen, so sei von seiten der Behörden die Bekämpfung der Feldmausplage mit Loefflerschen Bazillen zu verbieten.

In der Diskussion zu diesem Vortrage hat Herr Kollege Petruschky (Danzig) betont, dafs doch die Möglichkeit vorliege, dafs es sich bei dem Loefflerschen Mäusetyphusbazillus um eine für den Menschen nicht pathogene Abart des Paratyphusbazillus handle, und dafs es wohl wünschenswert sei, die glücklich inaugurierte Bekämpfung der Mäuseplage mit Bakterien, eine Bekämpfungsart, die so gute Erfolge gezeitigt habe, nicht ohne Grund fallen zu lassen.

In Beantwortung dieses Einwandes habe ich dann, damals noch ohne Kenntnis der Trommsdorffschen Brüsseler Mitteilung, die Möglichkeit offen halten zu müssen geglaubt, dafs ein wenn auch nur sehr geringer Prozentsatz menschlicher Individuen wenigstens zu Zeiten eine gewisse Empfänglichkeit für die Infektion mit Mäusetyphusbazillen vom Darme aus besitze. Auch mochte ich nicht unterlassen, darauf hinzuweisen, dafs die Erfolge in der Bekämpfung der Mäuseplage mit Loefflerschen Bazillen nicht überall gleich gute gewesen seien, wie aus verschiedenen von anderer Seite erfolgten Mitteilungen hervorgehe; und dafs ich selbst diesen Mifserfolg nach zwei in der Umgebung Marburgs regelrecht angestellten Versuchen, bei denen auch nicht eine tote Maus gefunden wurde, bestätigen könne. Die Gefahr, ein wirksames Mittel zur Bekämpfung der Mäuseplage

durch das von mir vorgeschlagene Verbot zu verlieren, sei also nach meinen Erfahrungen nicht eben eine grofse zu nennen.

In der seit dieser Mitteilung vergangenen Zeit sind aufser den Veröffentlichungen Trommsdorffs eine Anzahl von Arbeiten bekannt geworden, die sich mit der Stellung des Paratyphusbazillus B in der Gruppe der sogenannten coli-ähnlichen Bazillen und mit seiner Verwandtschaft mit anderen zu dieser Gruppe gehörigen Bakterienarten beschäftigen. Danach gibt es noch andere Mikroben, die sich weder biologisch, noch mit Hilfe spezifischen Serums von dem Paratyphusbazillus B differenzieren lassen. Es handelt sich um den oder die Mikroorganismen, die als Ursache der choleriformen Fleischvergiftungen längst erkannt worden sind und als deren typischer Vertreter der von Gaertner beschriebene Bazillus der Frankenhäuser Fleischvergiftung, der Bacillus enteritidis, zu gelten hat. Auf die etwas älteren hierher gehörigen Arbeiten will ich nicht näher eingehen. Wohl aber mufs ich mich mit zwei Autoren beschäftigen, deren Veröffentlichungen jüngst die Identität der Fleischvergifter und des Paratyphusbazillus B zur Evidenz erwiesen haben. Ich meine Trautmann und Schottmüller. Ersterer hat bei einer Epidemie von Fleischvergiftungen in Düsseldorf (im November 1901) ein sehr bewegliches Kurzstäbchen aus der Milz eines an der Erkrankung gestorbenen Knaben isoliert, das er in biologischer sowie pathogenetischer Hinsicht, auch in bezug auf Giftwirkungen und Hitzebeständigkeit der Gifte, ferner in seiner Agglutinierbarkeit durch spezifisches Serum mit den ihm zur Verfügung stehenden Reinkulturen der bekanntesten Fleischvergifter und mit Paratyphusbazillen verglichen hat. Das Resultat seiner Untersuchung ist die Vereinigung der Bakterien der choleriformen Fleischvergiftung und des Paratyphus (also auch Typus A) in einer Spezies, die den Namen Bacillus paratyphosus erhalten soll. In diese Spezies gehören nach Trautmann fünf Varietäten:

1. Enteritidis (Frankenhausen, Morseeler, Haustedt, Hamburg),
2. Breslariensis (Kaensche, Breslau; Günther, Posen; Lochmann, Giefsen; Trautmann, Düsseldorf),

3. Paratyphusbazillus B (Schottmüller, Saarbrückener),
4. Morbificans (Basenau),
5. Paratyphusbazillus A (Brion-Kayser).

Versuche über spezifische Bakteriolyse hat Trautmann aus Mangel an Tieren nicht angestellt. Er erwähnt, dafs Fischer bei solchen Experimenten ein negatives Resultat hatte.

Schottmüller beschreibt drei Fälle von »Cholera nostras«, — von denen ich übrigens klinisch nur den ersten, dessen Serum leider nicht untersucht wurde, als einheimischen Brechdurchfall anerkennen kann — bei denen er aus den Erkrankten Reinkulturen ein- und derselben Bakterienart isolierte, die sich, auch hinsichtlich ihrer giftigen Stoffwechselprodukte und der Hitzebeständigkeit der Gifte wie Bac. enteritidis Gaertner verhielten. Bei zweien seiner Fälle erhielt er Blut zur Agglutinationsprobe. Dasselbe agglutinierte die von Schottmüller isolierten Kulturen, ferner Paratyphusbazillus B und die Bakterien der Enteritidisgruppe (Gaertner, Kaensche, Günther), nicht aber Typhusbazillen und den Paratyphusbacillus A. In einer Besprechung der Eigenschaften des Paratyphusbazillus B erwähnt dann Schottmüller, was mir wichtig erscheint und worauf ich zurückkommen werde, dafs er Varietäten des Paratyphusbazillus B in Händen habe, die auf schräg erstarrter Gelatineoberfläche **nicht fliefsende** Kolonien erzeugen. — Serum von Paratyphuskranken, aus deren Stuhl bzw. Blut der Paratyphusbazillus B von Schottmüller gezüchtet war, agglutinierte ebenso wie den Paratyphusbazillus B auch Gaertnersche Bazillen. Die »Gifte« des ersteren erwiesen sich als hitzebeständig wie die des Bac. enteritidis. Und endlich vermochte Schottmüller auch Meerschweinchen vom Darme aus durch Fütterung mit Paratyphusbazillus B zu töten; eine Angabe, die ebenso wie meine in Kassel gemachte über die Pathogenität des Paratyphusbazillus B für weifse Mäuse vom Darme aus mit den Erfahrungen Kurths im Widerspruche steht.

Aus diesen Resultaten schliefst Schottmüller auf völlige Identität der Bazillen der choleriformen Fleischvergiftung und

des durch Varietät B hervorgerufenen Paratyphus. Er führt noch aus der klinischen Erfahrung Gründe an für diese seine Auffassung: Wie die Paratyphusbazillen akute Brechdurchfälle erzeugen könnten, so riefen Gaertnersche Bazillen zuweilen typhusähnliche Erscheinungen hervor, die Cholera gehe in Typhus über. Auch beim echten Eberth-Gaffkyschen Typhusbazillus komme es zuweilen zu hochakuten Intoxikationserscheinungen, die in wenigen Tagen ablaufen. Schliefslich fafst Schottmüller seine Ergebnisse in folgende Sätze zusammen:

»Der besonders für Tiere pathogene, weit verbreitete Gaertnersche oder Paratyphusbacillus alkalifaciens ruft beim Menschen unter gewissen Umständen Massen-, häufiger aber sporadische Erkrankungen hervor, die unter dem Bilde akuter Gastroenteritis (Intoxikation) oder dem des Typhus (Infektion im engeren Sinne) verlaufen; im Gegensatz dazu verursacht der nahe verwandte, aber hauptsächlich menschenpathogene Typhusbazillus in der Regel das Bild des Typhus, seltener eine Gastroenteritis. Eine solche, durch Typhusbazillen erzeugt, verläuft nicht so schwer, wie die durch Paratyphusbazillus B verursachte, insbesondere führt sie nach den bisherigen Erfahrungen nicht zum Tode.«

Ohne mich an dieser Stelle in eine spezielle Kritik der beiden referierten Arbeiten einzulassen, will ich übergehen zu eigenen neuen Untersuchungen, die ich im vergangenen Winter über das in Frage stehende Thema angestellt habe, und die mich im ganzen zu gleichen Resultaten, wie Trautmann und Schottmüller sie erhalten, geführt haben. Nach meinem Vortrage in Kassel hielt ich es für notwendig, möglichst die ganze Gruppe der sog. coliähnlichen Bakterien einer nochmaligen genauen Prüfung auf ihre biologischen und Antikörper erzeugenden Eigenschaften zu unterziehen. Dabei suchte ich eine möglichst grofse Anzahl besonders sog. Paratyphusstämme zu erhalten, was mir leider nur zum Teil geglückt ist. Folgende Bakterienstämme sind dieser vergleichenden Untersuchung unterzogen worden:

Paratyphusbazillus Achard,
» Hewlitt,
» Brion-Kayser

Paratyphusbazillus Seemann I,
» » II,
» Euster-Allen,
» Schmidt,
» Hume, dicke Kolonie,
» » flache »
Bacterium coli commune,
Typhusbazillus I (Marburg),
» II (Berlin, Inst. f. Inf.),
Dysenteriebacillus,
Pseudodysenteriebazillus
Bacillus enterititidis Gaertner,
Mäusetyphus I A,
» I B,
» III A,
» III B.

Die Paratyphusstämme habe ich zum Teil von Král in Prag, zum Teil von Piorkowski in Berlin erhalten; Seemann I und II sind beide von Král, aber zu verschiedenen Zeiten erhalten. Die beiden als Hume, dicke Kolonie und Hume, flache Kolonie bezeichneten Stämme bekam ich aus der mit »Hume« bezeichneten Reinkultur von Piorkowski. Die Kultur bestand ganz zweifellos aus zwei verschiedenartigen Kolonien, die sich auch später dauernd als different erwiesen. Dysenterie- und Pseudodysenteriebazillen stammen von Herrn Kollegen Kruse in Bonn, die Mäusetyphusbazillenstämme entsprechen in A und B einer ersten bzw. zweiten Sendung von Schwarzlose (I) und einer Firma in Görlitz (III). Die übrigen Reinkulturen sind schon längere Zeit in meiner Sammlung fortgezüchtet. Alle Stämme sind in ihren sämtlichen, auch den ev. pathogenen Eigenschaften typische Vertreter ihrer Spezies, wie festgestellt wurde.

Natürlich sollte sich die biologische Prüfung nicht noch einmal auf sämtliche Nährböden erstrecken, sondern es erschien genügend, wenn diejenigen Nährböden, in denen Differenzpunkte sich zeigen mufsten, herangezogen würden. Als solche kamen m. E. in Betracht schräg erstarrte Gelatine, Milch,

Kartoffeln, Lackmusmolke, aufserdem nur noch ein neuerdings als für Paratyphusbazillen spezifisch beschriebener Nährboden, der Malachitgrünagar. Lentz und Tietz haben in der Münchener med. Woche 1903, Nr. 49 gezeigt, dafs man durch Zusatz des genannten Farbstoffs (aus Höchst bezogen) zu gewöhnlichem Nähragar einen künstlichen Nährboden erhält, auf dem Paratyphusbazillen noch bei einer Konzentration des Malachitgrüns von 1:4000 ausgezeichnet gedeihen, während die übrigen Bakterien der weiteren Gruppe bei dieser Konzentration des Farbstoffs sich nicht mehr zu entwickeln vermögen. Sie geben auch an, dafs man mit diesem Nährboden (bei etwas schwächerer Konzentration des Farbstoffs) eine Anreicherung von Typhusbazillen unter gewissen Bedingungen erhalte, da Typhusbazillen sich dem Malachitgrün gegenüber weniger empfindlich als Bacterium coli zeigen. Dem letzten Teil der Ausführungen von Lentz und Tietz kann ich nach dem Ausfall meiner allerdings wenig zahlreichen Nachprüfungen an Typhus- und Koliarten nicht beipflichten. In meinen Versuchen wuchs Bact. coli noch auf Konzentrationen des Malachitgrün im Nährboden, bei welchem Typhusbazillen versagten, und ich wenigstens habe also auch hier wieder erlebt, was so oft bereits bei Differenzierungsmethoden zwischen Coli und Typhusbazillus erfahren wurde. Indessen ist diese Beobachtung nebensächlich für unser Thema. Sicher ist auch nach meinen Beobachtungen, dafs der Malachitgrünagar ein ausgezeichnetes Anreicherungsmittel für Paratyphusbazillen ist. In Konzentration von 1 Malachitgrün zu 4000 Agar wachsen die beiden Typen des Paratyphusbazillus aus Reinkulturen noch in ganz ausgezeichneter Weise und zwar bei 37° C innerhalb 24 Stunden mit üppigstem Belag. Dabei zeigte sich mir als regelmäfsig auftretender Unterschied zwischen den Angehörigen der Gruppen Paratyphusbazillus A und Paratyphusbazillus B, dafs letztere stets schon nach 24 Stunden Aufenthalt im Brutschrank den Nährboden gänzlich entfärbt hatten, während die Angehörigen der Gruppe A ebenso regelmäfsig nach 24 Stunden Aufenthalt bei 37° C den Nährboden grün gelassen und ihn erst nach weiteren 24 Stunden zu entfärben vermocht hatten. Ein Unterschied

in der Üppigkeit des Wachstums beider Spezies war nach 24 Stunden nicht zu erkennen. Bei einer Konzentration des Malachitgrün 1:2000 trat in meinen Versuchen niemals Wachstum der Paratyphusbazillen ein. — Auch aus verdächtigem, übrigens auch zuweilen aus normalem Stuhl ist man mit Hilfe des angegebenen Nährbodens leicht in der Lage, Paratyphusbazillen zu erhalten, wo sie auf nicht mit Malachitgrün versetztem Agar derselben Zubereitung völlig fehlen oder wenigstens nicht gefunden wurden. Auch in dieser Hinsicht kann ich die Angaben der genannten Autoren bestätigen, Malachitgrünagar ist jedenfalls ein ausgezeichneter selektiver Nährboden für Paratyphusbazillen. Es verstand sich also auch von selbst, dafs ich diesen Nährboden als ev. geeignet für eine Differenzierung bei meinen biologischen Vergleichsversuchen mit heranziehen mufste.

Ich gebe nun zunächst in Form einer Tabelle das Resultat dieser Vergleichung der biologischen Eigenschaften der oben genannten Bakterienarten, wobei ich nicht nötig haben sollte besonders hervorzuheben, dafs die verglichenen Nährböden selbstverständlich der gleichen Zubereitung entstammen, und dafs es sich bei den Kartoffeln nur um solche handelt, die sich als zum typischen Wachstum für Coli einerseits, für Typhusbazillen anderseits geeignet durch gleichzeitig erfolgte Kontrollimpfungen dieser beiden Mikrobenarten auf dasselbe Kartoffelstück erwiesen hatten. Natürlich ist auch das Verhalten der verglichenen Mikroorganismen auf den unten genannten Nährböden bei sämtlichen Arten nicht einmal, sondern wiederholt geprüft worden, wobei sich übrigens Unterschiede nicht gezeigt haben.

(Siehe Tabelle I auf S. 238.)

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich: Zu Gruppe Paratyphusbazillus A gehören Hewlitt, Brion-Kayser, Euster-Allen, Schmidt. Dieselben haben biologisch die gröfste Verwandtschaft zu dem Eberth-Gaffkyschen Bazillus, da sie Milch und Lackmusmolke unverändert lassen, auf Gelatine und Kartoffeln genau wie echte Typhusbazillen wachsen. Sie unterscheiden sich biologisch nur durch ihr Vermögen, Traubenzucker zu vergären,

Tabelle I.

| | Schräg erstarrte Gelatine | Milch | Kartoffeln | Lackmusmolke | Malachitgrün-Agar 1 : 4000 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 24 Std. | 48 Std. |
| 1. Paratyphusbaz. Achard | Dicke, am 3. Tage fliefsende Kolonie | Aufgehellt vom 4. Tag ab | Üppigster Oberflächenbelag | Nach 24 Std. rot; v. 8. T. blau werdend | +++ hellgelb | |
| 2. » Hewlitt | Typhusähnliche, flache Kolonie | unverändert | Oberfläche unverändert | bleibt blau | +++ grün | hellgelb |
| 3. » Brion-Kayser | wie 2. | wie 2. | wie 2. | wie 2. | wie 2. | wie 2. |
| 4. » Seemann I | » 8. | » 1. | » 1. | » 1. | » 1. | |
| 5. » Seemann II | » 1. | » 1. | » 1. | » 1. | » 1. | |
| 6. » Euster-Allen | » 2. | » 2. | » 2. | » 2. | » 2. | » 2. |
| 7. » Schmidt | » 2. | » 2. | » 2. | » 2. | » 2. | » 2. |
| 8. » Hume, dicke Kol. | Dicke, runde, nicht fliefsende Kolonie | wie 2. (spät. ein Teil d. Kaseins ausgefällt | » 1. | nach 24 Std. hellrot; später unverändert | » 1. | |
| 9. » Hume, flache Kol. | wie 2. | wie 2. (nach 12 T. eine Spur Aufhellung | wie 1 (Kart. stark braun) | wie 8.; doch am 10. T. etw. wenig. rot | » 1. | |
| 10. Bact. coli commune | » 2. | geronnen | wie 1. | wie 8. | 0 | +? *) |
| 11. Typhusbaz. I (Marburg) | » 2. | wie 2. | » 2. | » 2. | | 0 |
| 12. » II (Berlin, Inst. f. Inf. | » 2. | » 2. | » 2. | » 2. | | 0 |
| 13. Dysenteriebazillus | » 2. | » 2. | » 1. | wie 2.; am 7. Tage etwas rot | | 0 |
| 14. Pseudodysenteriebazillus | » 2. | » 2. | » 1. | nach 24 Std. etw. rot; spät. dauernd hellr. | + | +++ grün |
| 15. Bac. enteritidis Gaertner | » 8. | » 1. | » 1. | wie 1.; vom 4. Tag blau werdend | wie 1. | |
| 16. Mäusetyphus IA | » 8. | » 1. | » 1. | wie 1.; vom 6. Tag blau werdend | » 1. | |
| 17. » IB | » 8. | » 1. | » 1. | wie 16. | » 1. | |
| 18. » IIIA | » 8. | » 1. | » 1. | » 16. | » 1. | |
| 19. » IIIB | » 8. | » 1. | » 1. | » 16. | » 1. | |

*) Am dritten Tage kräftiges Wachstum.

durch die Farbenveränderung des Neutralrot und, wie hier ersichtlich, durch ihre Resistenz gegen Malachitgrün. (Dafs das Fehlen der Indolbildung der Gesamtheit der Paratyphusbazillen gemeinsam zukommt, wurde oben schon erwähnt.)

Zur Gruppe Paratyphusbazillus B gehören Achard, Seemann I und II, der Bacillus enteritidis Gaertner und die Loefflerschen Mäusetyphusbazillen. Die genannten Arten sind in diese Gruppe zu rechnen wegen ihres Verhaltens in Milch, das bei allen ein ganz gleichmäfsiges, aufserdem ein sehr präzise auftretendes ist; wegen ihres Verhaltens gegen Malachitgrünagar und Kartoffeln, wo dasselbe zutrifft, wie bei Milch; auch wegen ihres Verhaltens gegen Lackmusmolke, wo allerdings geringe Unterschiede vorhanden sind, die beim Wachstum in Gelatine sich noch deutlicher bemerklich machen. Auch in Lackmusmolke ist der Typus, die anfängliche Säuerung und spätere starke Alkaleszenz, bei allen Angehörigen der Gruppe der gleiche. Unterschiede bestehen aber hinsichtlich des Grades der späteren Alkaleszenz und bezüglich des Beginnes des Wiederauftretens derselben. Am frühesten tritt dieselbe auf beim Bac. enteritidis und bei diesem ist auch die Alkaleszenz zum Schlufs am stärksten; am schwächsten ist die Alkaleszenz und tritt am spätesten wieder auf bei den Paratyphusbazillen; die Loefflerschen Bazillen stehen in der Mitte. Natürlich habe ich die Reaktionsänderungen durch Titrieren zahlenmäfsig festgestellt. Doch ist es wohl unnötig, diese Zahlen hier wiederzugeben, zumal sie bei wiederholten Prüfungen nicht ganz genau untereinander übereinstimmten. — Die Unterschiede im Wachstum auf schräg erstarrter Gelatine sind sehr in die Augen fallend. Die beiden Stämme Achard und Seemann II zeigen dicke weifse, später graue gewölbte Kolonien, die etwa am 3. Tage auf dem Nährboden nach unten fliefsen, so dafs am unteren Ende des Nährbodens bzw. seiner Oberfläche sich ein grauer Brei, wie stark getrübtes Kondenswasser bei Agar, ansammelt. Bei meinen Mäusetyphuskulturen und denen des Bac. enteritidis habe ich Derartiges nie gesehen und ich war geneigt, diese Eigenschaft als ein Differenzierungsmerkmal gelten zu lassen, zumal auch junge Kolonien beider Typen, des

fliefsenden und nicht fliefsenden, auf oder vielmehr in Gelatineplatten deutliche Unterschiede zeigten, die sich besonders hinsichtlich der stärkeren Körnung und dunkleren Färbung bei Achard und Seemann II gegenüber den anderen Angehörigen der Gruppe bemerklich machten. Die oben bereits mitgeteilte Beobachtung Schottmüllers, dafs es auch Rassen des Paratyphusbazillus B gebe, die auf schräger Gelatine nicht fliefsende Kolonien bilden, sowie meine eigene Beobachtung bei Stamm Seemann I, der ganz wie Mäusetyphus sich verhält und den ich vor dieser Mitteilung Schottmüllers als zweifelhaft betrachtet habe, lassen mich an der Berechtigung daran zweifeln, die Unterschiede im Wachstum auf Gelatine als genügenden Grund zu einer Scheidung der Gruppe in zwei Abteilungen anzusehen. Es ist somit in biologischer Beziehung die wünschenswerte Übereinstimmung vorhanden und in genügender Weise dargetan.

Gar kein Urteil vermag ich abzugeben über die Stellung der beiden als Hume dick und Hume flach bezeichneten Stämme. Es scheint, dafs beide Arten weder zu Gruppe A, noch zur Gruppe B der Paratyphusbazillen gehören, dafs sie vielleicht einen eigenen Typus von zwischen Coli- und Typhusbazillen stehenden Mikroben repräsentieren, wie es ja nicht ausgeschlossen erscheint, dafs wir derartiger Typen noch eine ganze Reihe kennen lernen werden. Bemerkenswert für eine gegenteilige Anschauung bleibt immerhin, dafs beide Abarten nach ihrem Wachstum auf Malachitgrünagar zum mindesten grofse Verwandtschaft mit den Paratyphusbazillen und zwar deren Typus B besitzen.

In der Vergleichung der biologischen Eigenschaften der 19 Stämme hat sich also erneut eine vollständige Übereinstimmung der Mäusetyphusbazillen, des Bac. enteritidis und der Paratyphusbazillen vom Typus B ergeben. Wenn ich jetzt zu einer Besprechung meiner Agglutinationsversuche übergehe, so möchte ich vorausschicken, dafs das Serum von Kaninchen stammt, die ich selbst durch intravenöse Injektion bei 60° abgetöteter Kulturen immunisiert habe; dafs das Serum stets einen Agglutinationswert hatte, der für die zur Einspritzung verwendete Art

nicht höher als ca. 1 : 1000 lag; dafs die Beobachtung der Agglutination nur makroskopisch war, analog dem von Kolle beschriebenen Verfahren, das ich für völlig ausreichend zur richtigen Beurteilung halte, beste Beleuchtung und ein geübtes Auge vorausgesetzt. In den folgenden Tabellen will ich der Kürze halber die Kontrolen weglassen und deshalb hier erwähnen, dafs alle positiven Agglutinationswerte bei den spezifischen Serumarten negativen bei dem Kontroll-Normalserum entsprechen. Die erhaltenen Resultate wurden also für die Tabellen nur benutzt, wenn die Kontrollversuche ein negatives Resultat für die betr. Bakterienart ergeben hatten. Ich kann die Gelegenheit nicht vorübergehen lassen, ohne alle, die auf diesem Gebiete erst zu arbeiten beginnen, eindringlichst vor Unterlassung der Kontrolle zu warnen. Die Versuche sind ohne entsprechende Kontrolle durch normales Serum ganz unbrauchbar.

Der Erfolg jedes einzelnen Agglutinationsversuches wurde einige Minuten nach geschehener Verreibung der Agarkultur und zweitens nach vierstündigem Aufenthalt bei 37° festgestellt.

Es liegt mir fern, auch nur einen erheblicheren Teil meiner gerade hier recht ausgedehnten Versuche mitteilen zu wollen. Ich beschränke mich darauf, drei Versuche in Tabellenform zu geben, aus denen alles Ersehenswerte zur Genüge hervorgeht. Die betreffenden Sera sind drei verschiedenen Kaninchen entnommen, deren erstes mit Seemann II, das zweite mit Mäusetyphus III B, das dritte mit Paratyphus Brion-Kayser vorbehandelt war.

(Siehe Tabellen II—IV auf S. 242 u. 243.)

Die mitgeteilten Tabellen bedürfen kaum eines Kommentars. Das Serum »Seemann II« agglutiniert in Verdünnung von 1 : 100 sämtliche Stämme, aufser Hume dick und Hume flach, Coli, Typhus Marburg und Dysenteriebazillen; in Verdünnung 1 : 500 nur noch Achard, die beiden Stämme Seemann, Enteritidis, die vier Mäusetyphusstämme; aufserdem allerdings auch noch deutlich den Stamm Schmidt; in Verdünnung 1 : 750 wird die Verklumpung fraglich bei Stamm Schmidt, aber auch bei Mäusetyphus III A; und in Verdünnung 1 : 1000 sind nur noch deutlich agglutiniert

Achard, die beiden Stämme Seemann, Mäusetyphus I B und Mäusetyphus III B, während hier auch bei Bac. enteritidis die geringe bei 37° im Laufe von vier Stunden entstandene Agglutination sich nach dem Schütteln und fünf Minuten dauernder Beobachtung nicht wieder gebildet hat.

Tabelle II.

**Serum K. 302 (Seemann II). 29. I. 04.**

| | 1 : H | 1 : 250 | 1 : 500 | 1 : 750 | 1 : 1000 |
|---|---|---|---|---|---|
| Achard | +++ | +++ | ++ | ++ | + |
| Hewlitt | + | +? | 0 | 0 | 0 |
| Brion-Kayser | ++ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Seemann I | +++ | +++ | +++ | +++ | + |
| » II | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ |
| Euster-Allen | + | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Schmidt | ++ | ++ | + | +? | 0 |
| Hume. dicke | 0 | 0 | | | |
| » flache | 0 | 0 | | | |
| Koli | 0 | 0 | | | |
| Typhus Marburg | 0 | 0 | | | |
| » Berlin | ++ | + | 0 | 0 | 0 |
| Dysenteriebaz. | 0 | 0 | | | |
| Pseudodysenteriebaz. | + | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Enteritidis Gaertner | +++ | +++ | + | + | +? |
| Mäusetyphus I A | +++ | +++ | +++ | +++ | 0 |
| » I B | +++ | +++ | +++ | ++ | + |
| » III A | +++ | +++ | ++ | +? | 0 |
| » III B | +++ | +++ | ++ | + | + |

Zeichenerklärung:

+++ = Stärkste Agglutination, bei Zimmertemperatur kurz nach Hinzufügen der Kultur eintretend.

++ = Starke Agglutination, nach 4stünd. Aufenthalt bei 37° C beobachtet.

+ = Noch deutliche Agglutination, nach 4stünd. Aufenthalt bei 37° C beobachtet; nach kräftigem Schütteln sofort wieder auftretend.

+? = Deutliche Agglutination, nach 4stünd. Aufenthalt bei 37° C vorhanden, aber nach kräftigem Schütteln verschwindend und innerhalb 5 Minuten nicht wieder auftretend.

0 = Homogene Trübung nach 4stünd. Aufenthalt bei 37° C.

Tabelle III. **Serum K. 305 (Mäusetyphus III B).**

| | 1 : 100 | 1 : 500 | 1 : 1000 |
|---|---|---|---|
| Achard | +++ | ++ | ++ |
| Hewlitt | +++ | +? | 0 |
| Brion-Kayser | +++ | + | 0 |
| Seemann I | +++ | +++ | ++ |
| » II | +++ | +++ | ++ |
| Euster-Allen | +++ | + | 0 |
| Schmidt | +++ | + | 0 |
| Hume, dicke | 0 | 0 | 0 |
| » flache | 0 | 0 | 0 |
| Koli | 0 | 0 | 0 |
| Typhus Marburg | +++ | + | 0 |
| » Berlin | +++ | + | 0 |
| Dysenteriebazillus | 0 | 0 | 0 |
| Pseudodysenteriebazillus | +++ | +? | 0 |
| Enteritidis Gaertner | +++ | +++ | ++ |
| Mäusetyphusbazillus I A | +++ | +++ | ++ |
| » I B | +++ | +++ | ++ |
| » III A | +++ | +++ | + |
| » III B | +++ | +++ | ++ |

Tabelle IV. **Serum K. 303 (Brion-Kayser).**

| | 1 : 100 | 1 : 500 | 1 : 1000 |
|---|---|---|---|
| Achard | +++ | ++ | +? |
| Hewlitt | +++ | +++ | 0 |
| Brion-Kayser | +++ | +++ | +++ |
| Seemann I | +++ | 0 | 0 |
| » II | +++ | 0 | 0 |
| Euster-Allen | +++ | +++ | +? |
| Schmidt | +++ | +++ | +++ |
| Hume, dicke | 0 | 0 | 0 |
| » flache | ++ | 0 | 0 |
| Koli | 0 | 0 | 0 |
| Typhus Marburg | +++ | ++ | + |
| » Berlin | +++ | ++ | + |
| Dysenteriebazillus | 0 | 0 | 0 |
| Pseudodysenteriebazillus | +++ | ++ | ++ |
| Enteritidis Gaertner | +++ | +? | 0 |
| Mäusetyphus I A | +++ | +? | 0 |
| » I B | +++ | +? | 0 |
| » III A | +++ | +? | 0 |
| » III B | +++ | ++ | + |

Das Serum »Mäusetyphus III B« agglutiniert in Verdünnung von 1 : 100 die Stämme Hume dick und Hume flach, Coli und Dysenterie nicht; alle anderen schon bei gewöhnlicher Temperatur in kürzester Zeit; in Verdünnung 1 : 500 ist das Verhältnis annähernd das gleiche, doch sind Hewlitt und Pseudodysenteriebazillen fraglich; bei der Verdünnung 1 : 1000 werden agglutiniert Achard, die beiden Stämme Seemann, Enteritidis und die vier Mäusetyphus-Stämme, alle anderen bleiben homogen. Die Agglutinationsprobe in Verdünnungen über 1: 1000 fiel bei allen letztgenannten acht Stämmen negativ aus.

Endlich ist auch die Prüfung eines Serums der zur Gruppe des Paratyphusbazillus A gehörigen Mikrobien in den Tabellen verzeichnet. Ich halte gerade auch die Prüfung solcher Sera, die mit nicht zu nahe verwandten Bakterienarten erzeugt sind, bei der Artbestimmung der Gruppenangehörigen für sehr wesentlich. Es werden dabei unter Umständen Aufschlüsse über Seitenketten des Protoplasmamoleküls erhalten, über die man auf keine andere Weise Andeutungen bekommt. — Das Serum »Brion-Kayser« agglutiniert 1 : 100 nicht Hume dicke, Coli, Dysenterie; in Verdünnung 1 : 500 fallen aus die beiden Stämme Seemann, Hume flache; fraglich werden bei dieser Verdünnung der Bacillus enteritidis und drei Mäusetyphusstämme. Bei Verdünnung 1 : 1000 fallen weiter aus Hewlitt, Bacillus enteritidis und drei Mäusetyphusstämme, während Achard nur fraglich wird, ebenso Euster-Allen. Einer der Mäusetyphusstämme wird auch noch 1 : 1000 agglutiniert. Bei Verdünnung des Serums von 1 : 2500 gab es bei keinem der untersuchten Stämme eine Verklumpung.

Die Übereinstimmung zwischen den auf biologischem Wege nicht unterscheidbaren Arten ist also nicht eine ganz vollkommene. Und ich darf nicht verschweigen, daſs bei der Prüfung des Serums anderer Kaninchen, die mit denselben Bakterienarten vorbehandelt waren, die Unterschiede zwischen den Gruppen A und B des Paratyphusbazillus und ihren dazu gehörigen Anverwandten nicht einmal immer so in die Augen fallende waren, wie bei den hier mitgeteilten Experimenten. Aber auch aus diesen nicht mitgeteilten Versuchen geht, wie aus den oben aus-

führlich angeführten, m. E. beweisend hervor, dafs die Mäusetyphusbazillen, die Paratyphusbazillen vom Typus B und der Bacillus enteritidis Gaertner zu einer Gruppe gehören, genau wie das oben aus dem biologischen Verhalten zu erschliefsen war. Jedenfalls stehen sich auch hinsichtlich ihrer feineren chemischen Konstitution die eben genannten Mikroben näher als die Paratyphusbazillen des Typus B zu denen des Typus A oder zu den Typhusbazillen. Es ergibt sich ferner, dafs Agglutinationsversuche mit dem Serum von Kaninchen, die mit Paratyphusbazillus Brion-Kayser vorbehandelt sind, und wie ich hinzufügen kann, auch solche mit dem Serum von Personen, die an Paratyphus erkrankt und bei denen von mir Paratyphusbazillen vom Typus A aus dem Stuhle gezüchtet sind, diese Auffassung näherer Verwandtschaft der Paratyphusbazillen vom Typus A zu dem echten Eberth-Gaffkyschen Typhusbazillus, der entfernteren Verwandtschaft derselben zu den Paratyphusbazillen vom Typus B bestätigen. Solche Sera agglutinieren echte Typhusbazillen annähernd in der gleichen Verdünnung wie Paratyphusbazillus A, während Paratyphusbazillus B wenigstens in meinen wenig zahlreichen Versuchen dadurch in Verdünnung von 1 : 50 gar nicht beeinflufst wurde. Da nun auch Typhusserum sehr häufig wenigstens eine höhere Übereinstimmung der Paratyphusbazillen vom Typus A zu dem Typhusbazillus als bei Paratyphusbazillus B bekundet, wie ich in entsprechenden Versuchen mit Ziegenserum oft beobachten konnte, so dürfte es berechtigt sein, auszusprechen, dafs die Paratyphusbazillen vom Typus A den Eberth-Gaffkyschen Bazillen am nächsten stehen; dafs die Paratyphusbazillen vom Typus B dem Eberth-Gaffkyschen und auch dem Paratyphusbazillus A viel weitläufiger verwandt sind, dafs sie eine sehr hohe Übereinstimmung mit den Loefflerschen Mäusetyphusbazillen und dem Gaertnerschen Bazillus besitzen, wenn sie nicht mit den letztgenannten überhaupt identisch sind.

Auch weitere Absättigungsversuche, die ich nach dem Vorgange Castellanis mit den drei oben in den Tabellen verzeichneten Serumarten gegenüber Bacillus enteritidis, Seemann II und Mäusetyphus IB vorgenommen habe, sprechen in obigem Sinne

für Identität der genannten »Arten«. Es wurden Verdünnungen der Sera von 1 : 100 benutzt; dann so lange die homologe Bakterienart zugesetzt, bis jede Agglutination bei vierstündigem Aufenthalt im Brutschrank ausblieb, und nun eine Öse der zweiten Bakterienart hinzugefügt und vier Stunden im Brutschrank belassen. Die Versuche, auf die ich hier nicht weiter eingehen will, sind eindeutig im Sinne der Identität der drei Mikrobien aufzufassen.

Als letzten Beweis für diese meine Behauptung möchte ich einen Pfeifferschen Versuch anführen, der in jüngster Zeit mit dem Serum eines Kaninchens angestellt wurde, das subkutan in wiederholten Injektionen zunächst mit bei 60° C. abgetöteten, dann mit lebenden Kulturen des Mäusetyphusbazillus IB vorbehandelt war. Zu Kontrollversuchen diente ebenso lange entnommenes Serum eines nicht vorbehandelten Kaninchens. Es wurden Meerschweinchen intraperitoneal mit Serum und Reinkulturen von zwei der in Frage kommenden Mikroorganismen gleichzeitig eingespritzt. Das Nähere wird aus der folgenden Tabelle sich ergeben.

(Siehe Tabelle V auf S. 247.)

Es ist mir also, wie Fischer, nicht gelungen, spezifisch bakterizide Schutzstoffe, die den Tod der Versuchstiere gänzlich verhindert hätten, bei Kaninchen durch subkutane Einspritzung lebender Kulturen zu erhalten. Doch liefsen sich bei obigem Versuch Substanzen nachweisen, die den Tod der Meerschweinchen wesentlich verzögerten. Und das nicht nur bei Einspritzung von Mäusetyphusbazillen, also der dem Serum homologen Bakterienart, sondern mindestens in demselben, wenn nicht in höherem Grade auch bei Injektion der Paratyphusbazillen vom Typus B. Es ist vielleicht nicht ganz ausgeschlossen, dafs man bei Verwendung des Serums höher immunisierter Tiere als meine blutliefernden Kaninchen waren, auch völlig schützende Substanzen erhalten würde. Meine Kaninchen hatten fünf Agarkulturen lebender Mäusetyphusbazillen subkutan ertragen. — Das Resultat dieser Versuche steht im Widerspruch zu meinen in Kassel mitgeteilten Beobachtungen. Ich hatte dort angegeben, dafs Schutz-

Tabelle V.

**Meerschweinchen.**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. Nase rot | 0,1 ccm norm. Kan.-Ser. i. p. | $^1/_{1000}$ 20 st. Ag. K. des Paratyph. B i. p. (Seemann II) | + 60 St. nach der Impfung |
| 2. Nase u. Nacken rot | 0,1 ccm norm. Kan.-Ser. i. p. | $^1/_{100}$ 20 st. Ag. K. des Paratyph. B. i. p. (Seemann I) | + 36 St. nach der Impfung |
| 3. Rücken rot | 0,1 ccm norm. Kan.-Ser. i. S. | $^1/_{1000}$ 20 st. Ag. K. des M. Ty. I B. i. p. | + 48 St. nach der Impfung |
| 4. Nase u. Rücken rot | 0,1 ccm norm. Kan.-Ser. i. p | $^1/_{100}$ 20 st. Ag. K. des M. Ty. I B. i. p. | + 36 St. nach der Impfung |
| 5. Nase gelb | 0,25 ccm Kan.-Ser. (M. Tp. I B) i. p. | $^1/_{100}$ 20 st. Ag. K. v. Seemann II i. p. | + am **11. Tag** nach der Impfung |
| 6. Nacken gelb | 0,1 ccm Kan.-Ser. wie 5 i. p. | $^1/_{100}$ 20 st. Ag. K. v. Seemann II i. p. | + am **13. Tag** nach der Impfung |
| 7. L. Hf. gelb | 0,05 ccm Kan.-Ser. wie 5 i. p. | $^1/_{100}$ 20 st. Ag. K. v. Seemann II i. p. | bleibt leben |
| 8. Nase u. Rücken gelb | 0,25 ccm Kan.-Ser. wie 5 i. p. | $^1/_{100}$ 20 st. Ag. K. des M. Ty. I B. i. p. | + am **5. Tag** nach der Impfung |
| 9. Rücken gelb | 0,1 ccm Kan.-Ser. wie 5 i. p. | $^1/_{100}$ 20 st. Ag. K. des M. Ty. I B. i. p. | + do. |
| 10. R. Ohr gelb | 0,05 ccm Kan.-Ser. wie 5 i. p. | $^1/_{100}$ 20 st. Ag. K. des M. Ty. I B. i. p. | + do. |

Serum und Kultur sind gleichzeitig einverleibt, in jedem Falle ist das Gemisch durch physiologische Kochsalzlösung auf 2 ccm verdünnt.

Bei sämtlichen eingegangenen Tieren ist aus Peritoneum und Herzblut eine durch positive Agglutination festgestellte Kultur von Mäusetyphusbazillen, bzw. Baz. Seemann II erhalten worden. Die aus Peritoneum und Herzblut aufgegangenen Kolonien waren zahlreich. Nur bei 5. Nase gelb war »Herzblut« steril, aus »Peritoneum« entwickelten sich nur einige wenige Kolonien.

stoffe bakterizider Art zu erhalten seien, und dafs jedes Serum Meerschweinchen gegen beide Arten von Bakterien schütze. Der Widerspruch erklärt sich einfach dadurch, dafs ich damals die Meerschweinchen nur bis zum 6. Tage nach der Impfung in Beobachtung behielt. Wären sie auch damals länger beobachtet worden, so würde jedenfalls auch ein solches spät eintretendes Erliegen der Tiere festgestellt worden sein. — Immerhin scheint mir auch durch meinen oben referierten Pfeifferschen Versuch

eine weitere nicht unwesentliche Bekräftigung für die Anschauung erbracht zu sein, dafs Loefflers und Schottmüllers Bazillen identisch sind.

Der Einwand aber gegen die hier geschilderten Agglutinations- und bakteriolytischen Versuche ist nicht von vornherein abzuweisen, dafs nämlich bei ersteren Versuche mit Enteritidis-Serum, bei letzteren solche mit Paratyphus B- und Enteritidis-Serum, vor allem auch gegen Enteritidisbazillen fehlen. Erst wenn diese notwendige Ergänzung mit den bisherigen übereinstimmende Resultate erbracht habe, werde über die Identität der drei genannten Bakterienarten weiter zu diskutieren sein. Ich gebe zu, dafs in dem Fehlen solcher Versuche ein Mangel der Beweisführung liegt, bin aber vorläufig aufserstande, über entsprechende Experimente zu berichten, da ich aus Mangel an Tieren nicht in der Lage war, bakteriolytisches und agglutinierendes Enteritidisserum, bzw. bakteriolytisches Paratyphus B-Serum zu beschaffen. Ich darf jedoch gleichzeitig meinem Glauben Ausdruck verleihen, dafs auch diese in Zukunft vorzunehmenden Versuche an dem von mir erhaltenen Resultat nichts ändern werden; dafs auch durch agglutinierendes Enteritidisserum eine Verklumpung von Gaertners, Loefflers und Schottmüllers Bazillen eintreten wird; und dafs Paratyphus B- und Enteritidis-Serum, auf dem Wege subkutaner Vorbehandlung gewonnen, bei Meerschweinchen eine Verzögerung des Todes nach der intraperitonealen Infektion mit allen drei Mikrobenarten hervorrufen wird.

Viele Bakteriologen werden geneigt sein, bei dem Ausfall von Agglutinations- und bakteriolytischen Versuchen, wie er bei meinen vorstehend berichteten eingetreten ist, ohne weiteres die Identität der in Betracht kommenden Mikrobien auszusprechen, und ich habe selbst auf der Naturforscherversammlung in Kassel die Resultate meiner Experimente in derartigen Schlufsfolgerungen ausklingen lassen. Bei näherer Überlegung glaube ich, dafs man gut tun wird, nicht allzuschnell in der Beurteilung solcher Resultate vorzugehen. Ebenso wie früher die Ergebnisse der biologischen Untersuchung oft überschätzt worden sind, so scheint

sich eine derartige Überschätzung jetzt zuweilen breit zu machen in der Beurteilung der Versuchsresultate, welche bei Experimenten mit agglutinierendem und bakteriolytischem Serum erhalten werden. Gewifs, eine Übereinstimmung in der Auslösung derartig subtiler Stoffe, wie der Agglutinine und Bakteriolysine, wird eine sehr intime Verwandtschaft derjenigen Mikroorganismen dokumentieren, welche in der Wirkung gleiche Antikörper der bezeichneten Arten im Tierkörper hervorrufen. Aber ich meine, dafs die Zeit nicht mehr fern ist, in der wir zwar auch diesen in ihren feineren chemischen Konstitutionen ja noch völlig hypothetischen Substanzen ihren Platz bei der Identifizierung bestimmter Mikroorganismen anweisen, ihnen aber nicht mehr eine so dominierende Stellung verleihen werden, wie das heute fast überall geschieht. Mir scheint, dafs neben diesen ja zweifellos höchst wichtigen Verhältnissen die biologischen Unterscheidungsmerkmale etwas mehr als nötig zurückgetreten sind, und dafs es vor allem am Platze ist, auch den pathogenetischen Eigenschaften der Mikroorganismen wieder einen höheren Wert in der Schätzung einzuräumen. Um so stärker tritt diese Forderung in ihr Recht, wenn es sich um die Beurteilung einander so nahe stehender Mikrobien handelt, wie in unserem Falle. Es erschien mir aus diesem Grunde nicht überflüssig, meine Untersuchung auch nach dieser Richtung hin zu ergänzen. Ich habe also zunächst die Fütterungsversuche an weifsen Mäusen mit allen drei Bakterienarten wiederholt. Während es mir aber mit Stamm Seemann I früher, wie ich in Kassel mitgeteilt habe, und auch jüngst bei einem sehr hohen Prozentsatz der gefütterten Tiere den Tod unter typischen Erscheinungen herbeizuführen gelang, habe ich mit Reinkulturen des Stammes Seemann II und des Bac. enteritidis jetzt nur negative Resultate erhalten. Dabei war Stamm Seemann II und der Gaertnersche Bazillus für die gleiche Tierspezies sowohl intraperitoneal wie vom subkutanen Gewebe aus von höchster Virulenz. Auch die intraperitoneale Einverleibung von Seemann II und Enteritidis bei Meerschweinchen rief bei neuen Versuchen nicht wie die Impfung von Mäusetyphusbazillen und Seemann I eine

Braunrotfärbung der ganzen Nebennieren, sondern nur eine starke Gefäfsinjektion des kleinen Organs hervor. Natürlich hat mich nach diesem Ausfall der neuen Versuche, zumal bei gleichzeitiger Erwägung des oben referierten Resultats der biologischen Prüfung, der Gedanke beschäftigt, dafs ich in meinem Stamm Seemann I gar keinen Paratyphusbazillus vor mir habe, dafs eine »Umzüchtung« nach berühmten Mustern vorliegt und es sich bei diesem Stamm in Wirklichkeit um einen Mäusetyphusbazillus aus meinem eigenen Laboratorium handelt. Ich mufs diesen Punkt dahingestellt sein lassen und will in bezug hierauf nur noch kurz anführen, dafs doch gerade in Hinsicht auf manche andere feine biologische Eigentümlichkeiten, z. B. die Veränderungen der Lackmusmolke, der Stamm Seemann I von meinen Mäusetyphusbazillen sich unterscheidet und sich wie die zweifellosen Paratyphusbazillen vom Typus B (Achard, Seemann II) verhält. Jedenfalls sind bei meinen neuen Tierversuchen also, wenn wir den Stamm Seemann I ausschalten, Differenzpunkte bezüglich der Wirkung auf Laboratoriumstiere hervorgetreten. Bei der Beurteilung der Identität zweier Bakterienarten dürfen dieselben m. E. nicht aufser acht gelassen werden.

Wichtig schien mir nun noch der Nachweis über die Resistenz des Mäusetyphusbazillus, bzw. seiner Endotoxine, gegenüber höheren Temperaturen. Bekanntlich legt Gaertner gerade auf diesen Punkt ein besonderes Gewicht und will als Enteritidis-Stämme nur solche anerkannt wissen, die sich in dieser Hinsicht wie sein Bazillus verhalten. Auf die Berechtigung dieser Anschauungsweise hier einzugehen, würde mich zu weit führen; ich teile die Meinung, die Schottmüller in einer Fufsnote seiner Arbeit in der Münch. med. Woch., 1904, Nr. 7/8 zu diesem Punkte geäufsert hat. Immerhin würde, falls sich beim Mäusetyphusbazillus eine hohe Resistenz der Endotoxine gegen Temperaturen von 100° C herausstellte, mit dieser Feststellung eine weitere Stütze für die engste Verwandtschaft des Loefflerschen zu dem Enteritidisbazillus gewonnen sein. Es sei nun hier nur kurz folgender Versuch angeführt: Am 25. III. 04 wurden sechs weifse Mäuse intraperitoneal mit 48 stündiger

Bouillonkultur des Mäusetyphusbazillus I B injiziert, drei davon mit der unveränderten Kultur, drei mit einem etwa fünf Minuten bei 100° C aufgekochten Teil derselben. Sämtliche Mäuse erlagen der Impfung.

Tabelle VI.

**Weifse Mäuse.**

| | | |
|---|---|---|
| 1. Nase gelb . . . | 0,5 ccm lebender Kultur i. p. | + nach 20 St. |
| 2. Nacken gelb . . | 0,1 ccm lebender Kultur i. p. | + nach 20 St. |
| 3. Rücken gelb . . | 0,01 ccm lebender Kultur i. p. | + nach 36 St. |
| 4. Nase rot . . . | 1 ccm erhitzter Kultur i. p. | + nach 20 St. |
| 5. R. Hf. rot . . . | 0,5 ccm erhitzter Kultur i. p. | + nach 20 St. |
| 6. L. Hf. rot . . . | 0,1 ccm erhitzter Kultur i. p. | + nach 36 St. |

Aus Peritonealexsudat und Herzblut entwickeln sich bei Maus 1—3 reichlich, bei Maus 4 spärlich Kolonien des Mäusetyphusbazillus (durch Agglutination identifiziert). Die Abimpfungen von Maus 5 und 6 bleiben steril.

Der Obduktionsbefund bei den Mäusen fünf und sechs hat andere Gründe für den eingetretenen Tod der Tiere als die erfolgte Injektion nicht erkennen lassen. Bei der Maus vier sind in dem eingespritzten ganzen Kubikzentimeter scheinbar doch nicht alle Bazillen abgestorben gewesen, so dafs es wahrscheinlich auf Grund der Intoxikation zu einer Vermehrung der Bakterien hat kommen können.

Es liegt mir fern, auf Grund dieses einen wegen zu kurzer Kochdauer vielleicht nicht einmal ganz einwandfreien Versuches weitergehende Schlüsse zu ziehen; doch bin ich mit analogen Versuchen bei den gleichen und gröfseren Tieren beschäftigt und glaube schon jetzt sagen zu können, dafs auch nach diesen Experimenten der Loefflersche Mäusetyphusbazillus zur Produktion hitzebeständiger Endotoxine befähigt erscheint.

Wenn ich mich nun zum Schlusse darüber äufsern soll, ob ich Loefflersche Mäusetyphusbazillen, Gaertnersche Enteritidisbazillen und Schottmüllers Paratyphusbazillus B für identisch halte, so möchte ich darauf eine definitive Antwort heute überhaupt nicht erteilen, vielmehr die Entscheidung weiteren Versuchen vor allem darüber vorbehalten, ob menschliches

Serum von Paratyphus- und Enteritisfällen auch Loefflers Mäusetyphusbazillus agglutiniert und in welchem Grade. Ich bitte ausdrücklich diejenigen Kollegen, die solches Serum in die Hände bekommen, bei ihren Studien auch des Mäusetyphusbazillus zu gedenken. Denn darüber braucht man wohl kein Wort zu verlieren, dafs die Entscheidung über diese Frage eine gewisse Bedeutung besitzt. Wenn auch den Loefflerschen Bazillen bisher eine pathogene Wirkung auf den Menschen nicht mit Sicherheit nachgewiesen ist, so existiert doch einmal die Möglichkeit, dafs wenigstens ein geringer Prozentsatz menschlicher Individuen, vielleicht auch dieser nur nach vorausgegangenen Schädigungen anderer Art, für den Mikroben uud seine pathogene Wirkung empfänglich ist; zweitens aber besteht die Möglichkeit, dafs Loefflersche Bazillen anf dem Umwege über gewisse Schlachttiere für den Menschen gefährlich werden könnten. Vielleicht sind die Loefflerschen Bazillen z. B. von der Uterus-Schleimhaut aus für Rinder pathogen; nur direkte Versuche können darüber entscheiden. — Ferner halte ich für sehr wünschenswert, dafs in Zukunft alle Kollegen, welche Paratyphusfälle, erregt durch den Bazillus des Typus B, oder die choleriforme Fleischvergiftungen zur Beobachtung erhalten, eine genaue Untersuchung darüber anstellen, ob sich die betr. Erkrankungen irgendwie mit einer vorausgegangenen Verbreitung von Loefflerschen Mäusetyphusbazillen in Beziehung bringen lassen. Nur so wird man zu einer Entscheidung darüber gelangen können, ob eine weitere sorglose Ausstreuung des Mäusetyphusbazillus zu gestatten oder ob ein Verbot von seiten der Behörden am Platze ist.

Nach meinen obigen Ausführungen halte ich mich zur Aufstellung folgender Sätze für berechtigt:

1. Der Bacillus typhi murium Loeffler, der Bacillus enteritidis Gaertner und der Paratyphusbazillus B sind weder durch die biologischen, noch durch Agglutinations- oder bakteriolytische Untersuchungsmethoden zu differenzieren. Es bestehen dagegen gewisse Verschiedenheiten hinsichtlich ihrer pathogenen Eigenschaften, speziell der Empfänglichkeit mancher Versuchstiere vom Darme aus,

über deren Bedeutung heute ein Urteil noch nicht möglich ist.

2. Jedenfalls gehören die drei genannten Bakterienarten zu einer Gruppe und sind untereinander weit näher verwandt, als etwa der Paratyphusbazillus B mit dem Paratyphusbazillus A. Es empfiehlt sich daher m. E. den Namen Paratyphusbazillus für den bisher unter Typus A dieses Namens gehenden Mikroorganismus zu reservieren, zumal derselbe in der Tat diesem Namen durch seine nahe Verwandtschaft mit dem Eberth-Gaffkyschen Bazillus alle Ehre macht.
3. Für den bisher unter dem Namen Paratyphusbazillus des Typus B definierten Mikroben ist nicht, wie Schottmüller vorschlägt, Bacillus paratyphosus alkalifaciens die richtige Bezeichnung, sondern Bacillus enteritidis Gaertner, nach dem Gesetz der Nomenklaturen. Derselbe Name gebührt dem Loefflerschen Mäusetyphusbazillus, falls weitere Untersuchungen die Unterschiede im pathogenen Verhalten beider zu einem Typus gehörigen Abarten, des Gaertnerschen und des Loefflerschen Bazillus, als zu geringfügig für die Aufstellung zweier Varietäten erscheinen lassen sollten.

# Eine einfache Methode der Sporenfärbung.

Von

Dr. **E. Thesing,**

Assistenten der Abteilung.

(Aus dem Institut für Hygiene und exp. Therapie zu Marburg: Abteilung für Hygiene. Vorstand: Prof. Bonhoff.)

Ich möchte im folgenden über eine Methode der Sporenfärbung berichten, welche sich mir in zahlreichen Versuchen vor allen anderen gebräuchlichen Verfahren als praktisch erwiesen hat, indem sie bei geringerem Zeitaufwande doch selbst in der Hand des Ungeübten höhere Erfolgssicherheit bietet. Da die Ergebnisse meiner Untersuchungen über diesen Punkt in teilweisem Widerspruch zu einigen allgemein angenommenen Ansichten über die Färbbarkeit von Bakteriensporen stehen, soll dem angeschlagenen Thema etwas gröfsere Ausführlichkeit gegönnt werden, als seine vergleichsweise Nebensächlichkeit vielleicht zu rechtfertigen scheint.

Die Zahl der für Sporenkontrastfärbung angegebenen Methoden ist wahrlich nicht gering; beherrschend eingebürgert hat sich jedoch keine. Schon die Tatsache, dafs bis in die neueste Zeit immer wieder einmal neue Empfehlungen auftauchen, macht es wahrscheinlich, dafs die vorhandenen Verfahren entweder nicht einfach genug oder nicht so sicher zum Ziele führen, als billig beansprucht werden könnte. Alle die älteren Methoden von Neifser, Buchner, Hueppe, Hauser, Ernst, Möller kranken

wenigstens an einem der beiden genannten Fehler — und auch die neueren von Fiocca, Aujeszky, Müller, Klein (Mare) bieten höchstens eine quantitative Besserung. Dazu kommt, dafs eine Reihe der wirksameren unter diesen Methoden diese ihre Wirksamkeit so eingreifenden Mitteln verdanken, dafs die Schönheit der Bilder durch Zerstörung oder bedeutende Schädigung der Bakterien erheblich leidet.

Eine Methode der Sporenfärbung also, welche gegenüber den vielen empfohlenen einigen begründeten Anspruch auf Beachtung erheben wollte, müfste viele Klippen zu umschiffen vermögen. Sie müfste — kurz gesagt — die Fähigkeit besitzen, ohne Beeinträchtigung des Materials, in einfacherer und weniger Zeit erfordernder Weise mit vermehrter Sicherheit des Erfolges gute Kontrastfärbungen zu liefern. Ich glaube nun in der Tat — nach zahlreichen eigenen und fremden Versuchen an verschiedenem Sporenmaterial — berechtigt zu sein, dem hier zu schildernden Verfahren alle diese geforderten Vorzüge in erheblichem Grade zuzusprechen!

Den Ausgangspunkt meiner Färbungsversuche bildete die Beobachtung, dafs es mit dem einfachen, kürzeren und weniger eingreifenden Hauserschen Verfahren viel besser gelang, schöne Sporenkontrastfärbungen zu erzielen, als wenn ich mich jener im Güntherschen Lehrbuch als beste empfohlenen und auch im hiesigen Institute geübten Methode bediente. Dieses letztgenannte Verfahren sucht durch wiederholtes Kochen der getrockneten und fixierten Deckgläschen in Kupfertiegeln oder Uhrschälchen, welche mit der Farblösung beschickt sind, eine Färbung der Sporen durch allmähliches Überwinden des Widerstandes der Sporenmembran zu erreichen. Schrittweise soll, wie Günther sagt, bei diesem Vorgehen eine Aufnahme des Farbstoffes vom leichtesten Grade bis zur tiefsten Intensität erzwungen werden. Die zwischen den einzelnen Kochakten eingefügte Pause von einer Minute soll der heifsen Farblösung noch längere Einwirkung zu besserem Erfolge verstatten!

Die Umständlichkeit dieses Verfahrens und die sehr mangelhaften Ergebnisse, welche Kursanfänger mit ihr zu erzielen

pflegten, brachte den Wunsch nahe, ein Verfahren ausfindig zu machen, welches zum selben Ziele auf leichterem und gewisserem Wege schritte. Die Einfachheit des Hauserschen Verfahrens bewog zu einem Versuche, und die häufig erzielten günstigeren Erfolge reizten zu weiterer Empfehlung! Aufserdem war diese Feststellung von theoretischem Interesse! Wenn es sich nämlich wirklich so verhielte, wie Günther berichtet, dafs zur Aufnahme des Farbstoffes die Bakteriensporen nur ganz allmählich durch wiederholte Kochakte bewogen werden könnten, so war nicht einzusehen, wie einmaliges schnelles Aufkochen überhaupt jemals so schöne, intensive Kontrastfärbungen erzielen konnte, wie ich sie jedenfalls beim Milzbrand und einigen Kartoffelbazillen häufig erlebte.

Damit war die Frage nach den wirksamen Unterschieden in beiden Methoden gegeben!

Abgesehen von dem hier einmaligen, dort häufigen Aufkochen unterscheidet sich das Hausersche von dem durch Günther empfohlenen Verfahren in doppelter Weise. Zunächst einmal in der Art des Kochens. Gegenüber der Güntherschen Tiegelanwendung findet bei Hauser das Kochen der Farbflüssigkeit direkt auf dem Deckglase statt, und es ist nicht ausgeschlossen, dafs hierbei eine höhere Erwärmung des dem Glase unmittelbar anliegenden Sporenmaterials in fördernder Weise zur Geltung kommt.

Ein zweiter Unterschied ist in der Zusammensetzung der Entfärbungsflüssigkeiten gelegen. Während bei dem von Günther empfohlenen Verfahren 3% Salzsäurealkohol zur Anwendung gelangt (100 ccm Alkohol absolutes, 3 ccm Salzsäure), setzt sich die Entfärbungsflüssigkeit bei der Hauserschen Methode, wie sie im Grundrifs der Bakteriologie von Lehmann-Neumann modifiziert ist, zusammen aus 100 g 90proz. Alkohols, 200 g destillierten Wassers und 20 Tropfen reiner Salzsäure, so dafs eine nur ca. 1/3 proz. Säurelösung entsteht. (Die ursprüngliche Hausersche Vorschrift, mitgeteilt in der Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie, Bd. V, S. 97, 1888, sah 25proz. Schwefelsäure als Entfärbungsflüssigkeit vor.)

Im Verlaufe meiner Untersuchungen gewann ich den Eindruck, als ob diesem zweiten Differenzpunkte entscheidende Bedeutung zukäme, und als ob das bessere Resultat bei den nach Hauser behandelten Präparaten wesentlich der zur Entfärbung verwendeten schwächeren Säure zugeschrieben werden müfste. Ich glaubte direkt beobachten zu können, dafs unter dem Einflufs des 3proz. Salzsäurealkohols der Güntherschen Vorschrift eine Wiederentfärbung der bereits gefärbten Sporen einträte, um so sicherer, je länger derselbe zur Einwirkung gelangte. Ist diese Beobachtung richtig — und spätere Prüfungen haben sie sichergestellt, — so läfst sich leicht einsehen, warum so häufig auch bei den übrigen Färbungsmethoden Mifserfolge zu verzeichnen sind. 5—25proz. Schwefelsäure, oder 20—30proz. Salpetersäure, wie sie z. B. die Verfahren von Möller, Marx, Aujeszky, Fiocca — und nach der ursprünglichen Vorschrift auch das von Hauser — verwendeten, sind entschieden von zu starker Wirkung.

Ich möchte an dieser Stelle einige Färbungsversuche einschalten, aus denen erhellt, dafs wenigstens bei Milzbrandsporen die Aufnahme des Farbstoffes nicht so schwer zu erzielen ist, wie von manchen Autoren, z. B. Fiocca und Aujeszky, behauptet wird. Eine Abgabe des aufgenommenen Farbstoffes tritt aber, wie sich gleichfalls zeigt, ebenso leicht wieder ein.

(Siehe Tabelle I auf S. 258.)

Es ist allerdings möglich, auch unter Anwendung so konzentrierter Säurelösungen gute, ja tadellose Kontrastfärbungen zu erreichen, besonders wenn die vorhergegangene Färbung durch Länge der Zeit und Höhe der Temperatur recht eindringlich gewirkt hatte. Aber ein günstiges Resultat ist hierbei nicht das sichere Ergebnis genau — auch dem Anfänger — mitteilbarer Handlungen, sondern es beruht zum Teile wenigstens in dem Übungsgefühle des Praktikers. Mafsgeblich und nicht genau bestimmbar ist dabei die Zeit der Einwirkung.

So gelang es mir z. B. mit dem Hauserschen Verfahren bisweilen schöne Bilder zu erzielen, obwohl ich mich zu Anfang noch des stärkeren, nämlich 3proz. Salzsäurealkohols bediente.

Tabelle I.

| Material | Verfahren | Ergebnis |
|---|---|---|
| Milzbrand | Karbolfuchsin kalt Wasser 5 Minuten. | Sporen vereinzelt gefärbt. |
| » | Karbolfuchsin 1 mal aufgekocht Wasser. | Sporen grofsenteils intensiv gefärbt. |
| » | Karbolfuchsin 1 mal aufgekocht. Alkohol (33 %) kurze Zeit Wasser. | Sporen grofsenteils intensiv gefärbt. |
| » | Karbolfuchsin 1 mal aufgekocht. $^1/_3$ % salzs. Alkohol (33 %) kurz Wasser. | Sporen zum Teil entfärbt. |
| » | Karbolfuchsin 1 mal aufgekocht. 3 % salzs. Alkohol kurz Wasser. | Sporen zum Teil entfärbt. Fäden blasser. |
| » | Karbolfuchsin 1 mal aufgekocht 3 % salzs. Alkohol 5 Minuten Wasser. | Sporen entfärbt. Fäden blafs gefärbt |
| » | Karbolfuchsin 1 mal aufgekocht. $^1/_3$ % salzs. Alkohol (33 %) kurz Wasser. Löffler 3 Minuten kalt. | Sporen intensiv rot. Fäden blau. |
| » | Karbolfuchsin 1 mal aufgekocht. 3 % salzs. Alkohol 5 Minuten Wasser. Löffler 3 Minuten kalt. | Sporen ganz oder fast farblos. Fäden blau. |

Die Färbung gelang jedoch nicht allemal und mit einiger Regelmäfsigkeit nur dann, wenn die Einwirkungszeit des sauren Alkohols auf ein Minimum beschränkt wurde. Bei aufgedrehtem Wasserhahn wurde das Präparat schnell mit der Entfärbungsflüssigkeit überschüttet und dann sofort energisch abgespült. Die Einwirkungszeit beschränkte sich also auf Sekunden, ja Bruchteile davon. Bei irgend erheblicher Verlängerung derselben gab es bisweilen Versager.

Später zog ich den $^1/_3$ proz. Säurealkohol nach Lehmann-Neumann heran und erkannte sehr bald, dafs die mit ihm erzielten Resultate immer bessere und gleichmäfsigere wurden. Diese Tatsache bewog zu schrittweiser Verminderung des Säurezusatzes und schliefslich zu völliger Fortlassung desselben. Die Resultate litten dabei nicht im geringsten. Selbst bei ganz kurzer Einwirkung des säurefreien ca. 33 proz. Alkohols wurden

schöne Kontrastfärbungen erzielt. Es ist nur nötig, da eine vollkommene Entfärbung der mit Karbolfuchsin tingierten Bazillen auf diesem Wege nicht erreicht wird, die Gegenfarbe ein wenig länger kalt oder aber in erwärmtem Zustande zur Anwendung zu bringen. Die Klarheit und Schönheit des Kontrastes läfst dann nichts zu wünschen übrig. Die Farben Blau und Rot erscheinen völlig rein und es tritt also nicht — wie ich anfänglich glaubte — eine Überfärbung oder Mischfärbung der noch zum Teil fuchsingefärbten Bazillen ein. Vielmehr verdrängt das Löfflersche Blau zunächst den roten Farbrest aus den Stäbchen und Fäden, um sich dann erst an seine Stelle zu setzen. Ganz ähnlich wird bei Vorfärbung mit Loefflerschem Blau durch nachträglich einwirkendes Vesuvin oder Safranin eine Verdrängung des ersten Farbstoffes bewirkt.[1])

Diese Verdrängung und Wiederfärbung erfordert natürlich eine gewisse Zeit und daraus erklärt sich wohl auch die Beobachtung, dafs kurzes Einwirken der erwärmten Gegenfarbe die Bazillen zum Teil unrein, gemischt gefärbt erscheinen läfst. Die kalte Nachfärbung verdient daher bei weitem den Vorzug.

Alle die obenerwähnten Versuche waren mit sporentragenden Milzbrandbazillen unternommen worden, deren Sporen sich in der Tat nach Ausweis der vorstehenden Tabelle sehr leicht auch ohne besondere Vorsichts- oder Gewaltmafsregeln färben lassen. Bei anderen Bakterienarten, z. B. einigen Kartoffelbazillen, liefs indessen dieses einfache modifizierte Hausersche Verfahren im Stich, und auch bei Milzbrandsporen wollte es den Teilnehmern am bakteriologischen Kursus nicht gelingen, mit seiner Hilfe brauchbare Präparate zu erhalten.

Es war mir nun daran gelegen, durch Versuche festzustellen, ob nicht vielleicht durch Vorbehandlung mit irgend welchen Chemikalien die Färbung der Sporen derart erleichtert werden konnte, dafs zu ihrer Darstellung ein ganz kurzes, wenig schwieriges Verfahren, gleich dem oben beschriebenen genügte. Eine Schädigung des Bakterienmaterials sollte dabei nach Möglichkeit vermieden werden.

1) Friedländer-Eberth, Mikroskopische Technik, 1894, S. 181.

Der Gedanke, durch Einwirkenlassen von chemischen oder physikalischen Agentien den Widerstand der Spore zu brechen, liegt nahe und ist nicht neu. Bereits Buchner[1]) ermittelte 1884, dafs höhere Temperatur, trocken oder feucht für längere Zeit zur Geltung gebracht, konzentrierte Schwefelsäure und Kalilauge die renitente Spore gefügig machen! Nur haftet seinen Methoden — von der teilweisen Umständlichkeit und Langwierigkeit ganz abgesehen — leider das Üble an, dafs unter der Energie dieser Behandlung der weniger robuste Bakterienleib erheblich leidet — und somit ein wesentlicher Teil der beabsichtigten Wirkung, die Kontrastfärbung nämlich, grofsenteils verloren geht.

Auch Möller[2]), der durch Maceration mit Chlorzinkjod oder noch besser mit 5proz. Chromsäure eine Beeinflussung der Spore im färberisch günstigen Sinne erzielte, mufste die unangenehme Erfahrung machen, dafs eine Schädigung der Bazillensubstanz bis zur Vereitelung des gewollten Zweckes nicht immer vermieden werden konnte.

In ähnlicher Weise haben Fiocca[3]) (1893) und Aujeszky[4]) (1898), dieser durch Vorbehandlung mit ½proz. Salzsäure, jener durch Vereinigung des Farbstoffes mit 10proz. Ammoniaklösung, das Ziel zu erreichen gesucht, ohne dafs ihre Methoden sich durch besondere Einfachheit und Erfolggewifsheit auszeichneten. Ein Verfahren, das wie das Fioccasche 10—15 Minuten braucht, »um sehr widerstandsfähige Sporen, wie die des Milzbrands, welche bereits die Bazillen verlassen haben,« zu färben, kann sich besonderer Vorzüge nicht rühmen.

Mein eigener Versuch in dieser Richtung begann mit der Durchprüfung einer ganzen Reihe chemischer Agentien, besonders Alkalien und fettlösender Substanzen. Äther, Ätheralkohol, Ammoniak, Ammoniakalkohol, Chloroform, Aceton, Formalin und andere wurden in Glasschälchen kalt während der Dauer

1) H. Buchner, Ärztl. Intelligenzbl., 1884, Nr. 33, S. 370.

2) Möller, Centralbl. f. Bakteriol., Bd. 10, 1891, Nr. 9.

3) Fiocca, Centralbl. f. Bakteriol., Bd. 14, 1893, S. 9.

4) Aujeszky, Centralbl. f. Bakteriol., Bd. 23, 1898, S. 329.

von fünf Minuten auf Deckgläschen, die mit Sporenmaterial beschickt und dann fixiert waren, einwirken gelassen. Die Beobachtung einer längeren Beeinflussung erübrigte sich, da es mir für meinen Zweck nur darum zu tun war, ein in kürzester Zeit zum Ziele führendes Verfahren ausfindig zu machen.

Irgend ein praktisches Ergebnis erreichten diese Versuche nicht, in keinem Falle war ein fördernder Einflufs gegenüber dem Kontrollpräparate mit Deutlichkeit erkennbar geworden.

Allerdings konnte dem Formalin, im flüssigen sowohl wie im gasförmigen Zustande, eine gewisse Einwirkung auf die Spore nicht abgesprochen werden, eine Begünstigung der Kontrastfärbung liefs sich jedoch nicht konstatieren. Das Resultat war meistens eine Mischfärbung der Bakterien sowohl wie der Sporen.

Ich habe dieses Verhalten, weil aufserhalb meines Interesses liegend, nicht weiter verfolgt, doch scheint es sich nach dem Beobachteten um eine so weitgehende Veränderung der Spore zu handeln, dafs der normalerweise zwischen ihr und dem Bakterienkörper bestehende Widerstandsunterschied entfärbenden Substanzen gegenüber vollkommen aufgehoben wird. Eine Kontrastfärbung ist unter solchen Umständen natürlich unmöglich!

Dem erstrebten Ziele hatte mich also keiner der eben erwähnten Versuche näher gebracht! Erst als ich — und zwar ganz zufälliger Weise, — das Platinchlorid in Verwendung nahm, fiel mir bei einem Kartoffelbazillus die unvergleichlich viel schönere, intensivere und allgemeinere Färbung der Sporen bei dem so vorbehandelten Objekte gegenüber dem Kontrollpräparat nach Hauser auf. Die weiteren Versuche bestätigten diese erste Beobachtung durchaus! Die Resultate wurden bei allen Sporenarten nach ganz kurzem, technische Geschicklichkeit in keiner Weise erforderndem Verfahren mit Sicherheit gut und gleichmäfsig. — Ich habe im Verlaufe sehr zahlreicher Färbungen an verschiedenstem Material — abgesehen von einem Wurzelbazillus, der sich später als degeneriert herausstellte — überhaupt keinen Versager erlebt. Und auch im bakteriologischen Kursus erzielte jeder der Teilnehmer gleich beim ersten Versuche ein brauchbares Präparat.

Das Verfahren gestaltet sich nun — kurz zusammengefafst — in folgender Weise:

1. Anfertigen des Präparates.
2. Lufttrocken werden lassen.
3. Dreimal durch die Flamme ziehen.
4. Bedecken des Deckglases mit 1proz. Platinchloridlösung und Erhitzen bis zu einmaligem Aufkochen über der kleinen Bunsenflamme.
5. Abspülen mit Wasser — Trocknen zwischen Fliefspapier.
6. Auftröpfeln der Farbflüssigkeit in reichlicher Menge (Karbol-Fuchsin oder Loefflers Methylenblau) und schnelles Erhitzen über der kleinen Flamme bis zu einmaligem Aufkochen.
7. Abgiefsen der Farblösung.
8. Übergiefsen (ohne vorher mit Wasser abzuspülen) mit ca. 33proz. Alkohol und sofortiges gründliches Abspülen unter der Leitung.
9. Trocknen (zwischen Fliefspapier oder an der Luft).
10. Betröpfeln mit der Kontrastfarblösung (Methylenblau und Loefflers Methylenblau nach Karb.-Fuchsin; Safranin, Vesuvin oder Fuchsin nach Loeffler) und Einwirkenlassen derselben 3 Minuten lang kalt (oder einige Sekunden schwach erwärmt).
11. Abgiefsen, Abspülen mit Wasser.
12. Trocknen zwischen Fliefspapier und Einschliefsen in Balsam.

Der ganze Vorgang vom Durchziehen des lufttrocknen Präparates durch die Flamme bis zur Fertigstellung erledigt sich in höchstens 5 Minuten, und schon in 2 Minuten lassen sich, wenn man unter schwacher Erwärmung nachfärbt, brauchbare Kontrastfärbungen erhalten. Das bedeutet gegenüber den sonst gebräuchlichen Verfahren eine nicht unbeträchtliche Zeitersparnis.

Die Verwendung des Loefflerschen Methylenblaus zur Färbung der Sporen erscheint mir — obwohl der Kontrast gegenüber Vesuvin, Safranin und auch Fuchsin zum Teil sehr schön ausfällt

— deswegen nicht besonders empfehlenswert, weil die Beständigkeit der Farbe nach Ausweis meiner Versuche eine nur geringe ist. Bereits nach 2—3 Tagen zeigten vorher sehr dunkel gefärbte Sporen ein viel lichteres Blau und nach einer Woche war die Farbe oftmals kaum noch erkennbar. Demgegenüber zeigten die mit Karbol-Fuchsin gefärbten Sporen eine bedeutend bessere Haltbarkeit. Ich habe eine gröfsere Anzahl solcher Präparate fast 14 Tage lang dem Lichte ausgesetzt, ohne dafs ein Nachlassen der Färbungsintensität in erheblicherem Grade erkennbar gewesen wäre.

Da ich in der Mehrzahl der Fälle Milzbrandsporen zur Anwendung gezogen hatte, so konnte bei der erwähnten leichten Färbbarkeit dieses Materials die Frage entstehen, ob denn überhaupt dem Platinchlorid irgend eine den Erfolg erleichternde Wirkung zukäme.

Dieser Zweifel behob sich jedoch schnell! Schon der erwähnte Kartoffelbazillus liefs einen deutlichen Unterschied erkennen. Noch klarer aber ergab sich die Einwirkung des Platinchlorids aus zwei weiteren Beobachtungen.

Während bei einer grofsen Anzahl von Präparaten prachtvolle Kontrastfärbung eingetreten war, erschienen plötzlich einige, in welchen die Sporen nicht rot, sondern wie die Bazillen — nur intensiver — blau gefärbt waren. Eine Erklärung dieses Vorkommnisses wurde bei genauerer Prüfung darin gefunden, dafs bei den versagenden Präparaten zur Entfärbung versehentlich der 3proz. Salzsäure-Alkohol — und zwar etwas länger einwirkend — zur Verwendung gekommen war. Unter dieser Behandlung entfärbten sich die vorher gefärbten Sporen und unter dem noch vorhandenen Einflufs des Platinchlorids nahmen dieselben sehr intensiv die Kontrastfarbe auf. Ohne Vorbehandlung mit Platinchlorid tritt unter den gleichen Bedingungen etwas Derartiges nicht ein, längere (nicht zu lange) Einwirkung einer stärkeren Säurelösung entfärbt eben einfach die Sporen und läfst sie blafs im Präparate erscheinen.

Dieser Satz bedarf allerdings einer Einschränkung nach zwei Seiten! Auch ohne Platinchloridvorbehandlung kann man

— wie schon Aujeszky erwähnt — eine Färbung der Sporen in der Gegenfarbe erzielen. Es bedarf dazu nur der noch längeren Einwirkung (etwa 5 Minuten) einer stärkeren Säure! Unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Buchnerschen und Möllerschen Verfahrens ist dieses Verhalten durchaus begreiflich. Die entfärbende Säure wirkt eben, länger verwendet, macerierend auf die Sporenmembran ein und macht sie etwa folgenden Färbungseinflüssen leichter zugänglich.

Wird jedoch mit Platinchlorid vorbehandelt, so tritt der Farbenumschlag schon nach viel kürzerer Säureverwendung ein, ohne dafs die macerierende Kraft derselben irgendwie hätte in Tätigkeit treten können.

Freilich ist auch hier die Wirkung der Säure, bzw. die Wirkung der Vor- und Wiederentfärbung nicht ohne Belang — und die bei solchen Versuchen auftretende sehr intensive Färbung der Sporen verdankt beiden Komponenten ihre Entstehung! Das läfst sich deutlich machen durch Beobachtung des Effektes, den kaltes Loefflersches Blau auf Sporenmaterial macht, welches nur mit Platinchlorid vorbehandelt wurde. Eine Färbung der Sporen erreicht man freilich auch hier — die Intensität ist jedoch meist gering und nur die Membran zeigt dunklere Färbung!

Tabelle II.

| Material | Verfahren | Ergebnis |
|---|---|---|
| Milzbrand | Karbolfuchsin 1 mal kochen.<br>3% salzs. Alkohol 5 Minuten<br>Loeffler 3 Minuten. | Sporen blau (Fäden blau). |
| » | Karbolfuchsin 1 mal kochen.<br>3% salzs. Alkohol ½ Minute,<br>Loeffler 3 Minuten. | Sporen entfärbt (Fäden blau). |
| » | Platinchlorid 1 mal kochen.<br>Karbolfuchsin 1 mal kochen.<br>3% salzs. Alkohol 1 Minute,<br>Loeffler 3 Minuten. | Sporen tiefblau (Fäden blau). |
| » | Loeffler 5 Minuten kalt. | Sporen ungefärbt geblieben. |
| » | Loeffler 1 mal gekocht. | Sporen leicht blau angefärbt |
| » | Platinchlorid 1 mal kochen.<br>Loeffler 5 Minuten. | Sporen leicht angefärbt,<br>hie und da dunkler. |

Viel schöner läfst sich diese Sporenkaltfärbung, die den besten Beweis für die tatsächliche Wirksamkeit des Platinchlorids liefert, mit Hilfe des Karbolfuchsins nachweisen. 5 Minuten Einwirkung erzeugen bei diesem Verfahren eine sehr gleichmäfsige und intensive Färbung, sogar bei den Sporen besonders widerstandsfähiger Kartoffelbazillen.

Tabelle III.

| Material | Verfahren | Ergebnis |
|---|---|---|
| Milzbrand | Karbolfuchsin kalt 5 Minuten<br>Alkohol 33 % kurz<br>Loeffler 3 Minuten | Sporen *nur vereinzelt* rot gefärbt<br>Bazillen blau |
| Milzbrand | Platinchlorid 1 mal aufkochen<br>Karbolfuchsin kalt 5 Minuten.<br>Alhohol 33 % kurz<br>Loeffler 3 Minuten | Sporen fast durchweg *sehr intensiv* rot gefärbt<br>Bazillen blau |
| Megatherium | do. | do. |
| Milzbrand | Platinchlorid<br>Karbolfuchsin<br>(Alkohol 33 % kurz)<br>Loeffler<br>} kalt je 5 Minuten | Sporen *durchweg* rot *angefärbt, zum Teil intensiv*<br>Bazillen blau |

Das letzte Beispiel zeigt, dafs unter Verwendung von Platinchlorid bei etwas längerer Einwirkung der Färbungsflüssigkeit eine Sporenfärbung selbst bei durchweg kaltem Verfahren erreichbar ist.

Welcher Art dieser günstige Einflufs des Platinchlorids bei der Sporenfärbung ist, möchte ich nicht mit Sicherheit entscheiden. Herr Professor *Bonhoff* war der Meinung, dafs es sich hierbei um eine *katalytische Wirkung* handeln könnte. In Verfolgung dieses Gedankens regte er die Prüfung noch anderer Katalysatoren, insbesondere des Kupfersulfats und des Kollargols an. Beide Substanzen wurden in verschiedener Konzentration zur Anwendung gebracht, und es zeigte sich in der Tat, dafs auch durch sie die Sporenfärbung in günstiger Weise beeinflufst wurde. Doch erwies sich, meinem persönlichen Eindrucke nach das Platinchlorid im allgemeinen als überlegen.

Diese Rangordnung liefs sich am besten bei dem Versuche der Kaltfärbung erweisen, indem durch Platinchlorid bei gleicher Einwirkungsdauer des Farbstoffs intensivere und allgemeinere Färbung erzielt zu werden pflegte.

Entsprechende Versuche mit Wasserstoffsuperoxyd, welches Adolf Müller 1891 als Entfärbungsflüssigkeit anstatt der Säure herangezogen hatte, fielen völlig negativ aus. Zur Verwendung kamen 30proz. und 3proz. Wasserstoffsuperoxyd.

Die Wirkung des Platinchlorids, des Kupfersulfats und Kollargols auf die Färbbarkeit der Endosporen ist mit günstigem Erfolge an den nachstehenden Bakterienarten geprüft worden:

Milzbrand,
Heubazillus,
Verschiedenen Kartoffelbazillen,
Megatherium,
einem nicht näher bestimmten sporentragenden kurzen Bazillus,
Tetanus,
Rauschbrand,
Botulinus.

Von allgemeinerem Interesse bei diesen Versuchen ist vielleicht die Tatsache, dafs Sporen eine Färbung gar nicht so schwer annehmen, als gemeinhin behauptet wird. Und dafs — ebenso im Widerspruch zu der gewöhnlichen Ansicht — eine Abgabe des aufgenommenen Farbstoffes schon bei ganz geringem Säuregehalt der Entfärbungsflüssigkeit sehr leicht eintritt. Die Annahme einer besonderen Säureresistenz der Bazillensporen, welche in alle Lehrbücher übergegangen ist, trifft jedenfalls nur in sehr geringem Umfange zu. Es erscheint mir nach meinen Versuchen als sicher, dafs ein grofser Teil der Fehlresultate bei Sporenfärbungsversuchen einfach auf die Säureanwendung zurückzuführen ist. Diese Gefahr läfst sich durch gänzliche Beiseitelassung eines Säurezusatzes leicht vermeiden, ohne dafs der Schönheit einer Kontrastfärbung dadurch irgendwie Abbruch getan würde.

# Einige Hände-Desinfektionsversuche mit Sublamin-Acetonlösungen.

Von

Dr. E. Thesing,

Assistenten der Abteilung.

(Aus der hygienischen Abteilung des Instituts für Hygiene und experim. Therapie in Marburg a/L. Vorstand: Prof. Bonhoff.)

Von meinem Vorgänger, Herrn Dr. Engels sind im hiesigen Institute eine Reihe von Händedesinfektionsversuchen mit Sublamin (Quecksilbersulfat-Äthylendiamin) ausgeführt worden, als deren wesentliches Ergebnis sich die Überlegenheit der alkoholischen Lösungen über die wässerigen, und der Vorrang der 2‰igen alkoholischen Lösung vor der entsprechenden 1‰igen und 3‰igen herausgestellt hat.

Die Bezeichnung einer 1-, 2- oder 3‰igen Lösung entspricht bei den alkoholischen Mischungen — wie die Angaben Dr. Engels zeigen — nicht dem Sachverhalt. Tatsächlich gelöst werden bei diesen Mischungen nur geringe, nicht sicher bestimmte Mengen des verwendeten Sublamins, und bei längerem Stehen ergibt die klare über dem rötlichen Niederschlag stehende Flüssigkeit, auf Schwefelwasserstoffzusatz nicht mehr die geringste Quecksilberreaktion.

Da nun als weiteres Ergebnis der Engelsschen Arbeiten die Erkenntnis sich befestigt hat, dafs Kombinationen von Desinfektionsmitteln eine intensivere Wirksamkeit entfalten können

als die einzelnen Komponenten für sich, so war die Frage berechtigt und gegeben, ob nicht durch eine — irgendwie erreichte — stärkere Löslichkeit des Sublamins in Alkohol bzw. in einer anderen schwach desinfizierenden Flüssigkeit, die Wirksamkeit solcher Kombinationen noch erhöht werden könnte.

Der zweite Teil dieser Frage lag den wenigen nachstehend verzeichneten Desinfektionsversuchen zugrunde. Die geringe Anzahl derselben erklärt sich aus dem Umstand, dafs verschiedene Plattenserien von der Berücksichtigung ausgeschlossen werden mufsten, da eine starke Überwucherung mit Kartoffelbazillen das Ergebnis bis zur Unkenntlichkeit verschleierte. Ein Ersatz der ausgefallenen Versuche durch neue erübrigte sich aber angesichts der ungünstigen Erfolge, welche die gestellte Frage schon für sich im negativen Sinne genügend beantworteten.

Auch in den nachfolgend zur Beurteilung herangezogenen Versuchen machte sich die Verunreinigung durch widerstandsfähige Kartoffelbazillen oft störend genug bemerkbar. Eine Abhilfe liefs sich jedoch in gewünschter Weise nicht bewerkstelligen. Selbst 8-stündigem Einwirken von strömendem Dampf (von 100°) gelang es nicht, eine völlige Beseitigung aller Keime zu erwirken. In den angeschlossenen Tabellen ist durch das Zeichen Kt jene Verunreinigung kenntlich gemacht. Im allgemeinen war es trotz ihrer Verschleierung möglich, eine Zählung der übrigen Einzelkolonien zu erreichen, doch gab es Fälle, in denen die Abgrenzung zwischen den einzelnen Stufen: steril, wenig Keime, viele Keime, sehr viele Keime einer Schätzung überlassen werden mufste. Einige Platten erwiesen sich — von der Kartoffelbazillenverunreinigung abgesehen — anscheinend als steril. Für sie ist das Zeichen Kt in Anwendung gekommen.

Die Methode der Untersuchung — einschliefslich der Herstellung des verwendeten Nährbodens — entsprach durchaus der von Dr. Engels genügend beschriebenen.

Das hier in Verwendung gezogene schwach desinfizierende Lösungsmittel war das Aceton. Seine Wirkung ist, wie aus **Tabelle I** hervorgeht, in reinem Zustande schwächer als die des

absoluten Alkohols und sie nimmt bei 30% Wasserzusatz noch um ein Bedeutendes ab.

Tabelle 1.

**Bakteriologische Untersuchung desinfizierter Hände mit Benutzung des Paul-Sarweyschen sterilen Kastens.**

**1. Alkohol absolutus, 2. Aceton (rein), 3. Aceton zu 70%.**

| | Teile der Hände, die auf ihren Keimgehalt geprüft werden | Vor der Desinfektion | | Nach der Desinfektion (Abnahme im sterilen Kasten) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Desinfiziens (5 Min. lang) | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser | | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sande | | Abschaben mit scharfem Löffel | |
| | | trocken | feucht (5 Min. lang Waschen in heifs. ster. Wasser) | | Keimgehalt des Bades | der Hände | Keimgehalt des Sandes | der Hände | Rechte Hand | Linke Hand |
| Alkohol absolutus | Handoberfläche | ⊖ | ⓡ Schimmel | ⊖ | | ⊖ | | ⊖ | | |
| | Nagelfalz | ⓡ | ⊕ | ⓡ 1 | ⊕ | ⊖ | ⊕ | ⊖ | ⓡ 2 (1 St.) | ⓡ 11 (3 St.) |
| | Unternagelraum | ⓡ 12 | ⓡ 1 | ⊖ | | ⊖ | | ⊖ | | |
| Aceton rein | Handoberfläche | ⊕ | ⓡ | ⊖ Kt | | ⓡ 7 (6 St.) | | ⓡ 6 (3 St.) | | |
| | Nagelfalz | ● Kt | ● Kt | ⊖ Kt | ● | ⊕ | ⊕ | ⓡ 13 (8 St.) | ● | ⊕ |
| | Unternagelraum | ● | ● Kt | ⊖ Kt | | ● | | ⓡ 11 (9 St.) | | |
| Aceton 70% | Handoberfläche | ● | ⓡ | ● Kt | | ⓡ 12 (6 St.) | | ⊕ | | |
| | Nagelfalz | ● | ⊕ 1 | ⊕ | ⓡ 12 (5 St.) | ⊕ | ● | ⊕ | ⊕ Kt | ⓡ 10 (6 St.) |
| | Unternagelraum | ● | ● | ● Kt | | ⊕ | | ● | | |

⊖ = steril, ● = sehr viele Keime (über 80),
ⓡ = wenig Keime (1—20), Kt = Kartoffelbazillus,
⊕ = viele Keime (20—80), St = Staphylokokken.

Bei den weiteren Versuchen mit Sublamin wurde ausschliefslich von diesem 70% Aceton Gebrauch gemacht, weil sich nur auf diese Weise eine stärkere Auflösung des Sublamins erreichen liefs. In reinem Aceton, kalt oder erwärmt, erwies sich das Sublamin als absolut unlöslich. Ein Hineinschütten des in wenig Wasser gelösten Desinfektionsmittels aber in reines Aceton — nach Analogie der alkoholischen Kombination — führte zu völliger Ausscheidung desselben in kristallinischer oder dickflüssiger Form. Nach kurzem Absetzenlassen war in der klaren überstehenden gefärbten Flüssigkeit kein Quecksilber nachweisbar. Löste man das Sub-

lamin 1 g mit 1 ccm Wasser im Reagenzglase auf und fügte Aceton in steigenden Mengen hinzu, so war bei einem Verhältnis von etwa 1 Teil Wasser zu 1 Teil Aceton noch eine klare, homogene Beschaffenheit der Flüssigkeit vorhanden, bei weiterem Zusatz jedoch stellte sich Trübung und die Abscheidung einer dickflüssigen Substanz am Boden des Reagensglases ein. Diese dickflüssige Substanz, ungefähr $^2/_3$ ccm an Volumen betragend, enthielt, wie Reaktionsproben zeigten, so ziemlich die Gesamtmenge des vorhandenen Sublamins. Es handelte sich nach meiner Meinung dabei um nichts anderes als um eine eingedickte wässerige Lösung desselben, dadurch zustandegekommen, dafs ein Teil des Wassers sich mit dem Aceton vermischt hatte. Weitere Versuche ergaben, dafs eine ziemlich vollständige Lösung des Sublamins erreichbar war in einem Aceton, das etwa 30 % Wasser enthielt. Die Herstellung der im folgenden verwendeten Lösungen wurde nun derart bewerkstelligt, dafs in reines Aceton in geringen Wassermengen gelöstes Sublamin hineingeschüttet wurde. Der sich bildende flüssige Niederschlag wurde sodann durch Zufügen der entsprechenden Wassermenge mittels einer bis zum Boden eingetauchten Pipette gelöst.

Versuche, das Sublamin in gröfserer Menge auch in höherprozentigem Aceton zur Lösung zu bringen, gelangen nicht in verwendbarer Weise. Zusätze von Ammoniak hatten allerdings das Resultat, dafs schon bei sehr viel geringerem Wassergehalt eine anscheinend vollständige Auflösung des Sublamins eintrat, doch machte sich sehr bald — und selbst bei ganz geringem Zusatz (1 ccm auf 500) spätestens in wenigen Tagen — eine vollkommene Ausscheidung des Quecksilbers in metallischer Form bemerkbar. Bei höherem $NH_3$-Zusatz trat daneben bei längerem, tage- bis wochenlangem Stehen eine völlige Veränderung der Flüssigkeit in Farbe und Geruch ein. Es resultierte eine dunkelbraunrote, weniger leicht flüssige und weniger leicht brennbare Substanz von wesentlich abweichendem Geruche. Versuche wurden angestellt mit 1-, 2- und 3proz. Lösungen von Sublamin in 70proz. Aceton. Die sehr wenig günstigen Resultate ergeben sich aus Tabelle II, III und IV.

Tabelle II.

**1 ‰ iges Sublamin-Aceton.**

Bakteriologische Untersuchung desinfizierter Hände unter Benutzung des Paul-Sarweyschen sterilen Kastens.

Aceton 350 ccm, Wasser 150 ccm, **Sublamin** 0,5 g.

| | Teile der Hände, die auf ihren Keimgehalt geprüft werden | Vor der Desinfektion | | Nach der Desinfektion (Abnahme im sterilen Kasten) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | trocken | feucht (5 Min. lang Waschen in heiſs. ster. Wasser) | Desinfiziens (5 Min. lang) | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser: Keimgehalt d. Badewassers | 10 Min. lang Baden: der Hände | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sandbade: Keimgehalt d. Sandbades | 5 Min. lang Scheuern: der Hände | Abschaben der Hände mit steril. scharfem Löffel: Rechte Hand | Abschaben: Linke Hand |
| 1. | Handoberfläche | Ⓡ 3 | ⊖ | ⊖ | | ⊖ | | ⊖ | | |
| | Nagelfalz | Ⓡ 8 | ⊕ | ⊖ | Ⓡ 15 (8 St.) | Ⓡ 1 St. | ● | ⊖ | ● | ● |
| | Unternagelraum | Ⓡ 8 | ● | Ⓡ 1 Schimmel am Rand | | ⊖ | | ⊖ | | |
| 2. | Handoberfläche | ⊖ | Ⓡ | ⊖ | | ⊖ Kt | | Ⓡ 3 (2 St.) | | |
| | Nagelfalz | ● | ● Kt | ⊖ | Ⓡ 2 (1 St.) | ⊖ Kt | Ⓡ 3 Kt | Ⓡ 7 (3 St.) | Ⓡ 1 St. | ⊕ |
| | Unternagelraum | ● | ● Kt | ⊖ | | Ⓡ 2 (1 St.) | | Ⓡ 6 (2 St.) | | |

Tabelle III.

**2 ‰ iges Sublamin-Aceton.**

Bakteriologische Untersuchung desinfizierter Hände mit Benutzung des Paul-Sarweyschen sterilen Kastens.

Aceton 350 ccm, Wasser 150 ccm, Sublamin 1,0 g.

| | Teile der Hände, die auf ihren Keimgehalt geprüft werden | Vor der Desinfektion | | Nach der Desinfektion (Abnahme im sterilen Kasten) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | trocken | feucht (5 Min. lang Waschen in heiſs. ster. Wasser) | Desinfiziens (5 Min lang) | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser: Keimgehalt d. Badewassers | 10 Min. lang Baden: der Hände | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sandbade: Keimgehalt d. Sandbades | 5 Min. lang Scheuern: der Hände | Abschaben mit scharfem Löffel: Rechte Hand | Abschaben: Linke Hand |
| 1. | Handoberfläche | ⊕ | ⊕ 1 | ⊕ | | ⊕ | | ● | | |
| | Nagelfalz | ⊕ | ● | Ⓡ 11 (6 St.) | ⊕ | ● | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | Unternagelraum | ● | ● | ⊕ | | ● | | ⊕ | | |
| 2. | Handoberfläche | ⊕ | Ⓡ 1 | ⊖ Kt | | ⊕ | | Ⓡ 13 (8) | ⊖ Kt | ⊖ Kt |
| | Nagelfalz | ⊖ | Ⓡ | ⊖ Kt | Ⓡ 15 (11 St.) | ● | ⊖ Kt | ⊕ | | |
| | Unternagelraum | Ⓡ 5 | Ⓡ | ⊖ Kt | | ● | | ⊖ Kt | | |

## Tabelle IV.

### 3 $^{0}/_{00}$iges Sublamin-Aceton.

**Bakteriologische Untersuchung desinfizierter Hände mit Benutzung des Paul-Sarweyschen sterilen Kastens.**

350 ccm Aceton,
150 ccm Wasser,
**1,5 g Sublamin.**

| | Teile der Hände, die auf ihren Keimgehalt geprüft werden | Vor der Desinfektion | | Nach der Desinfektion (Abnahme im sterilen Kasten) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | trocken | feucht (5 Min. lang Waschen in heifs. ster. Wasser) | Desinfiziens (5 Min. lang) | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser: Keimgehalt des Bades | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser: der Hände | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sande: Keimgehalt des Sandes | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sande: der Hände | Abschaben mit scharfem Löffel: Rechte Hand | Abschaben mit scharfem Löffel: Linke Hand |
| 1. | Handoberfläche | ⊖ | r 3 | ⊖ | | + | | ⊖ | | |
| | Nagelfalz | r | ⊖ | r 1 | r 3 (3 St.) | ⊕ | r 7 (5 St.) | ⊕ | ● | ● |
| | Unternagelraum | ⊖ | ⊖ | r 2 (2 St.) | | + | | ● | | |
| 2. | Handoberfläche | r Kt | r 15 | r 4 (3 St.) | | r Kt | | r 2 | | |
| | Nagelfalz | + | r 6 | r 1 Schim. | r 1 (1 St.) | ⊖ | r 3 (1 St.) | ⊖ | r 8 Kt (4 St.) | r 11 K (7 St. |
| | Unternagelraum | ● Kt | ⊕ Kt | ⊖ | | r Kt | | r Kt | | |
| 3. | Handoberfläche | r Kt | ⊖ | ⊖ | | r 1 | | ⊖ | | |
| | Nagelfalz | r Kt | r 7 | ⊖ | r 3 (2 St.) | r 3 (3 St.) | r 1 (1 St.) | r 2 (2 St.) | r 2 (1 St.) | r [illegible] (4 St. |
| | Unternagelraum | r Kt | ● | ⊖ | | r 5 Kt (4 St.) | | r 8 (5 St.) | | |

Tabelle V bringt zwei Versuche, in denen zu einer (nach oben beschriebener Weise zusammengesetzten) 1- bzw. 2 $^{0}/_{00}$igen Sublamin-Acetonlösung je 1 ccm einer 25 proz. Ammoniaklösung hinzugefügt war. Der Versuch wurde gemacht, bevor eine Abscheidung von metallischem Quecksilber begonnen hatte, in einem Stadium also, in welchem die Gesamtmenge des Sublamins gelöst war. Auch hier sind die Resultate — wie ein Blick lehrt — sehr ungünstige.

Tabelle V.

**Sublamin-Aceton 1- und 2‰ mit $NH_3$-Zusatz.**

**Bakteriologische Untersuchung desinfizierter Hände mit Benutzung des Paul-Sarweyschen Apparates.**

**Modus der Zusammensetzung: 1. Aceton und Wasser, 2. dann Sublamin in wenig Wasser gelöst: flüssiger Niederschlag, 3. zu diesem 1 ccm $NH_3$.**

**Aceton 350 ccm, Sublamin 0,5 bzw. 1,0 g,**
**Wasser 150 ccm, $NH_3$ 1 ccm.**

| | Teile der Hände, die auf ihren Keimgehalt geprüft werden | Vor der Desinfektion | | Nach der Desinfektion (Abnahme im sterilen Kasten) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | trocken | feucht (5 Min. lang Waschen in heifs. ster. Wasser) | Desinfiziens (5 Min. lang) | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser: Keimgehalt des Bades | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser: der Hände | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sande: Keimgehalt des Sandes | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sande: der Hände | Abschaben mit scharfem Löffel: Rechte Hand | Abschaben mit scharfem Löffel: Linke Hand |
| 1‰ | Handoberfläche | ⊕ | Ⓡ 4 | ⊖ | | ┌ 1 (1 St.) | | ⊖ | | |
| | Nagelfalz | Ⓡ 2 | Ⓡ 2 | ⊕ Schim. | Ⓡ 6 (4 St.) | ┌ 2 (1 St.) | ⊕ | ⊖ | ⊕ | + |
| | Unternagelraum | ⊕ | ⊕ | Ⓡ 2 (1 St.) | | Ⓡ 5 (3 St.) | | ⊖ | | |
| 2‰ | Handoberfläche | Ⓡ 5 Kt | ⊖ | Ⓡ 2 (2 St.) | | + | | + | | |
| | Nagelfalz | Ⓡ 4 | Ⓡ 8 | Ⓡ 9 Kt (3 St.) | + | ┌ 11 Kt (8 St.) | ⊖ Kt | Ⓡ 15 (6 St.) | ⊕ | ● Kt |
| | Unternagelraum | Ⓡ 6 | Ⓡ 3 | Ⓡ 2 (1 St.) | | ⊕ | | + | | |

Schon aus diesen wenigen Versuchen scheint demnach der Schlufs gerechtfertigt, dafs das Aceton kein die Desinfektionswirkung des Sublamins förderndes Lösungsmittel sein kann.

Tabelle IV.

**3 ‰iges Sublamin-Aceton.**

Bakteriologische Untersuchung desinfizierter Hände mit Benutzung des Paul-Sarweyschen sterilen Kastens.

350 ccm Aceton,
150 ccm Wasser,
**1,5 g Sublamin.**

| | Teile der Hände, die auf ihren Keimgehalt geprüft werden | Vor der Desinfektion | | Nach der Desinfektion (Abnahme im sterilen Kasten) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Desinfiziens (5 Min. lang) | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser | | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sande | | Abschaben mit scharfem Löffel | |
| | | trocken | feucht (5 Min. lang Waschen in heifs. ster. Wasser) | | Keimgehalt des Bades | der Hände | Keimgehalt des Sandes | der Hände | Rechte Hand | Linke Hand |
| 1. | Handoberfläche | ⊖ | ⓡ 3 | ⊖ | | ⊕ | | ⊖ | | |
| | Nagelfalz | ⓡ | ⊖ | ⓡ 1 | ⓡ 3 (3 St.) | ⊕ | ⓡ 7 (5 St.) | ⊕ | ● | ● |
| | Unternagelraum | ⊖ | ⊖ | ⓡ 2 (2 St.) | | ⊕ | | ● | | |
| 2. | Handoberfläche | ⓡ Kt | ⓡ 15 | ⓡ 4 (3 St.) | | ⓡ Kt | | ⓡ 2 | | |
| | Nagelfalz | ⊕ | ⓡ 6 | r 1 Schim. | ⓡ 1 (1 St.) | ⊖ | ⓡ 3 (1 St.) | ⊖ | ⓡ 8 Kt (4 St.) | ⓡ 11 Kt (7 St.) |
| | Unternagelraum | ● Kt | ⊕ Kt | ⊖ | | ⓡ Kt | | ⓡ Kt | | |
| 3. | Handoberfläche | ⓡ Kt | ⊖ | ⊖ | | ⓡ 1 | | ⊖ | | |
| | Nagelfalz | ⓡ Kt | r 7 | ⊖ | ⓡ 3 (2 St.) | ⓡ 3 (3 St.) | ⓡ 1 (1 St.) | ⓡ 2 (2 St.) | ⓡ 2 (1 St.) | r 5 (1 St.) |
| | Unternagelraum | ⓡ Kt | ● | ⊖ | | ⓡ 5 Kt (4 St.) | | ⓡ 8 (5 St.) | | |

Tabelle V bringt zwei Versuche, in denen zu einer (nach oben beschriebener Weise zusammengesetzten) 1- bzw. 2 ‰igen Sublamin-Acetonlösung je 1 ccm einer 25 proz. Ammoniaklösung hinzugefügt war. Der Versuch wurde gemacht, bevor eine Abscheidung von metallischem Quecksilber begonnen hatte, in einem Stadium also, in welchem die Gesamtmenge des Sublamins gelöst war. Auch hier sind die Resultate — wie ein Blick lehrt — sehr ungünstige.

Tabelle V.

**Sublamin-Aceton 1- und 2‰ mit $NH_3$-Zusatz.**

**Bakteriologische Untersuchung desinfizierter Hände mit Benutzung des Paul-Sarweyschen Apparates.**

**Modus der Zusammensetzung: 1. Aceton und Wasser, 2. dann Sublamin in wenig Wasser gelöst: flüssiger Niederschlag, 3. zu diesem 1 ccm $NH_3$.**

Aceton 350 ccm, Sublamin 0,5 bzw. 1,0 g,
Wasser 150 ccm, $NH_3$ 1 ccm.

| | Teile der Hände, die auf ihren Keimgehalt geprüft werden | Vor der Desinfektion | | Nach der Desinfektion (Abnahme im sterilen Kasten) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | trocken | feucht (5 Min. lang Waschen in heifs. ster. Wasser) | Desinfiziens (5 Min. lang) | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser: Keimgehalt des Bades | 10 Min. lang Baden in 42° warm. sterilem Wasser: der Hände | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sande: Keimgehalt des Sandes | 5 Min. lang Scheuern in 42° warm. sterilem Sande: der Hände | Abschaben mit scharfem Löffel: Rechte Hand | Abschaben mit scharfem Löffel: Linke Hand |
| 1‰ | Handoberfläche | ⊕ | Ⓖ4 | ⊖ | | Ⓖ1 (1 St.) | | ⊖ | | |
| | Nagelfalz | Ⓖ2 | Ⓖ2 | ⊕ Schim. | Ⓖ6 (4 St.) | Ⓖ2 (1 St.) | ⊕ | ⊖ | ⊕ | ⊕ |
| | Unternagelraum | ⊕ | ⊕ | Ⓖ2 (1 St.) | | Ⓖ5 (3 St.) | | ⊖ | | |
| 2‰ | Handoberfläche | Ⓖ5 Kt | ⊖ | Ⓖ2 (2 St.) | | ⊕ | | ⊕ | | |
| | Nagelfalz | Ⓖ4 | Ⓖ8 | Ⓖ9 Kt (3 St.) | ⊕ | Ⓖ11 Kt (8 St.) | ⊖ Kt | Ⓖ15 (6 St.) | ⊕ | ● Kt |
| | Unternagelraum | Ⓖ6 | Ⓖ3 | Ⓖ2 (1 St.) | | ⊕ | | ⊕ | | |

Schon aus diesen wenigen Versuchen scheint demnach der Schlufs gerechtfertigt, dafs das Aceton kein die Desinfektionswirkung des Sublamins förderndes Lösungsmittel sein kann.

# Zur Kasuistik der Gasphlegmone und Schaumorgane.

Von

Dr. G. Werner,
Kreisassistenzarzt in Marburg.

(Aus der hygienischen Abteilung des Instituts für Hygiene und experim. Therapie zu Marburg. Vorstand: Prof. Bonhoff.)

Die gerichtliche Obduktion der Leiche eines Bauernburschen, welcher infolge eines bei einer Rauferei von seinem Gegner erhaltenen Bisses in den Daumen unter den Erscheinungen einer schweren Blutvergiftung zugrunde gegangen war, bot in mancher Beziehung so auffallende Befunde, namentlich bezüglich der Bildung von Gasen in der Leiche, dafs eine bakteriologische Untersuchung des Falls interessant erschien.

Die Ätiologie der als Gasphlegmone, Gasbrand, Gangrène foudroyante bezeichneten Prozesse und der wohl jetzt allgemein als postmortale Erscheinungen angesehenen Schaumorgane und ihre Beziehungen zu den ersteren haben im letzten Jahrzehnt eine eingehende Diskussion in der bakteriologischen Literatur hervorgerufen, und es erscheint nach dem heutigen Stand der Frage sicher, dafs als Erreger dieser Krankheits- und Leichenerscheinungen verschiedene Mikroorganismen in Betracht kommen.

Als deren häufigster ist der anaërobe Bacillus phlegmones emphysematosae Fraenkel in vielen Fällen genau studiert und beschrieben worden. Derselbe, meist kurzweg der »Fränkelsche Gasbazillus« genannt, wurde dann mit dem Bacillus aerogenes capsulatus Welch identifiziert und scheint nach neueren

Untersuchungen (Kamen[1]) auch mit dem unbeweglichen Buttersäurebazillus (Granulobacillus buthyricus immobilis Schattenfroh und Grafsberger) identisch zu sein.

Geklärt erscheinen diese Verhältnisse indessen noch keineswegs, weder bezüglich der anderen als Erreger der Gasbildungen angesprochenen Mikroorganismen, noch auch soweit sie die genannte, nach den verschiedensten Seiten hin genauer untersuchte Spezies betreffen. Speziell erscheinen die näheren Bedingungen, unter welchen ein so furchtbar schweres Krankheitsbild beim Menschen durch diese oder doch mit Hilfe derselben hervorgerufen wird, noch durchaus unbekannt, um so mehr, als man in neuerer Zeit in dem anscheinend ganz harmlosen Buttersäurebildner, den Grafsberger und Schattenfroh in 80% aus der Marktmilch zu züchten imstande waren, einen so nahen Verwandten des Fränkelschen Gasbacillus erkannt hat, dafs dieselben nicht mehr mit Sicherheit auseinander zu halten sind.

Unter diesen Umständen erscheint die Untersuchung jedes einzelnen Falles von Gasphlegmone von Bedeutung, selbst wenn sich dieselbe, wie in dem vorliegenden, nur auf nachträgliche Schilderungen des Krankheitsverlaufs und den gelegentlichen Befund bei der Obduktion in einem Bauernhause gründen kann, bei welcher andere Rücksichten im Vordergrunde standen und bakteriologische Untersuchungen in keiner Weise vorgesehen waren. Die Möglichkeit, das geringe, der Leiche entnommene Material bakteriologisch zu verwerten, verdanke ich Herrn Professor Bonhoff, unter dessen Leitung ich die später beschriebenen Untersuchungen auf der hiesigen hygienischen Abteilung ausführen konnte.

Vorgeschichte des Sektionsfalls. Bei einer abends auf der Dorfstrafse vorgekommenen Rauferei zwischen zwei Bauernburschen, bei welcher es im übrigen nur Kontusionen, Abschürfungen, Kratzeffekte und kleine von stumpfen Gegenständen herrührende Quetschwunden des Kopfs gesetzt hatte, war der eine Beteiligte mit dem linken Daumen in den Mund seines

1) Centralbl. f. Bakteriol., I. Abt., Originale, Bd. XXXV, Nr. 5 u. 6.

Gegners geraten, wobei dieser fest auf denselben bifs und ihn eine Zeitlang festhielt. Erst auf das inständige Bitten des Gebissenen, welcher, wie er später angab, vor Schmerz fast ohnmächtig wurde, liefs er ihn los. — Die unbedeutende Verletzung wurde noch denselben Abend neben anderen kleinen Wunden am Kopf von einem Arzt gesehen und verbunden, welcher wahrscheinlich mehr aus Rücksicht auf die beabsichtigte gerichtliche Anzeige, als wegen der unbedeutenden Verletzungen sofort konsultiert wurde. Derselbe konstatierte eine sehr unschuldig aussehende Bifswunde am Grundglied des linken Daumens, etwa in der Mitte desselben, zwei Zähne auf der einen, einen Zahn auf der entgegengesetzten Seite, welche eben die Oberhaut durchschnitten hatten. Die kleine Wunde wurde sorgfältig gereinigt, verbunden und der Mann angewiesen, beim Auftreten von Schmerz oder Anschwellung sofort wiederzukommen. Aufserdem wurde eine kleine Wunde am Kopf genäht und verbunden, welche in wenigen Tagen glatt heilte.

Am nächsten Tage erstattete der Verletzte persönliche Anzeige bei der Staatsanwaltschaft und entfernte bei dieser Gelegenheit den Verband, welcher dann wieder in der chirurgischen Klinik erneuert wurde.

Am folgenden Tag zeigten sich Schmerzen, Anschwellung der Hand und hohes Fieber.

Am 4. Tag nach der Verletzung mufste wegen Fortschreitens der Entzündung eine Inzision auf der Rückenfläche des Daumens gemacht werden, welche etwas graugefärbten, aufserordentlich übelriechenden Eiter entleerte, der mit Gasblasen durchsetzt war.

Eine weitere Inzision am Daumenballen wurde am folgenden Tage mit dem gleichen Resultat vorgenommen. Eine dritte am siebenten Krankheitstag in der Ellbeuge bis auf die Ulma dringend, da sich beim Bestreichen des Unterarms knisternde Gasblasen bemerklich machten. Eiter kam hierbei nicht zum Vorschein. Eine vierte am 9. Tag auf der Dorsalseite des Unterarms bis auf den Radius, ebenfalls ohne Entleerung von Eiter.

Das erste Frösteln trat am 6. Tage auf, Schüttelfrost wurde nicht konstatiert. Puls und Temperatur waren schon in den ersten Tagen ziemlich hoch, letztere stieg bis über 41°. Schon frühzeitig fiel die oberflächliche Respiration auf. In den 3 letzten Tagen zeigten sich Delirien und Schweifse.

Der Tod trat 10 Tage nach der Verletzung ein. Die Sektion wurde nach 35 Stunden vorgenommen.

Obduktionsbefund (im Auszug). Leiche eines grofsen, sehr kräftig gebauten Mannes mit sehr gut entwickelter Muskulatur und reichlichem Fettpolster.

Auf der ganzen Rückenseite weit ausgedehnte, blaurote Totenflecken. An Brust, Oberarmen und Rücken blaurote Streifen in netzartiger Zeichnung, den Blutgefäfsen der Haut entsprechend. Unterleib sowie linke Seite der Brust und des Rückens grünlich verfärbt. An letzterer verschiedene blasenartige, mit trübrötlicher Flüssigkeit gefüllte Abhebungen der Oberhaut. Sehr starker Fäulnisgeruch.

Aus Mund und Nase entleert sich schmutzig-bräunlich gefärbte Flüssigkeit. Am Kopf Spuren verschiedener Hautabschürfungen und Kontusionen.

An verschiedenen Stellen des Körpers, den beiden Schenkeln, dem rechten Arm, bläuliche Flecken, die sich beim Einschneiden als Blutungen unter der Haut erweisen.

Der ganze linke Arm stark geschwollen, besonders Unterarm und Hand. Beim Betasten desselben deutliches Gefühl von Knistern. Diese Erscheinung ist auch bemerkbar im Bereich der linken Schulter, der linken Seite des Brustkorbs und des Halses. Hautfarbe am linken Unterarm und Handrücken dunkelgrün, dazwischen einige bläulich-rote und gelbliche Inseln. Die Haut der Daumengegend, des Handtellers, der inneren Seite des Handgelenks ist schmutzig schwarzbraun verfärbt, die Oberhaut hängt hier in Fetzen herab.

Auf der Rückseite des Daumens in der Richtung des Handwurzelknochens eine 5 cm lange bis auf die Sehnen dringende, weit klaffende, glattrandige Hautdurchtrennung, deren Grund mit schmutzigen, bräunlich schmierigen Massen bedeckt ist.

Direkt vor dieser Schnittwunde an der Basis der Grundphalanx eine etwa 6 mm lange, bogenförmige (nach der Fingerspitze konkave) Durchtrennung der Oberhaut, unter welcher sich auch die Lederhaut beim Einschneiden durch blutige Durchtränkung verändert erweist (Zahnabdruck). An dem Endglied ist die Haut noch ohne besondere Veränderungen gut erhalten, dagegen ist dieselbe am Grundglied vielfach abgelöst und brandig verändert, so dafs weitere Einzelheiten sich nicht erkennen lassen.

Am Daumenballen eine weitere Schnittwunde von der Beschaffenheit der oben beschriebenen, ebensolche an der Aufsenseite des Unterarms und in der Gegend der Ellenbeuge.

Bei Einschnitten in die brandigen Partien erscheint die Haut abgestorben, das Unterhautzellgewebe entzündlich gerötet, schmierig, mit graugelblicher Flüssigkeit durchsetzt, in gröfserer Tiefe wieder schwarzbraune Verfärbung und etwas reichlichere Durchfeuchtung mit graugelblich-grüner Flüssigkeit, überall Austreten spärlicher Gasblasen.

Bei der Eröffnung der Schädelhöhle sieht man reichlichere Gasblasen in den Gehirnvenen.

Aus der Bauchhöhle zischt beim Öffnen eine bedeutende Gasmenge, die sich nicht entzünden läfst.

Das Herz ist sehr schlaff, das Endokard durch Fäulnis stark verändert, dunkelbraunrot gefärbt, die Klappen unverändert. Die Muskulatur schlaff, sehr getrübt, Zeichnung verwaschen mit gelblichen Streifen durchsetzt. Die Milz sehr vergröfsert, Gewebe vollständig matsch.

Die Nieren sehr fettreich, Kapseln leicht abziehbar, zeigen schon an der Oberfläche reichliche Gasblasen. Beim Durchschnitt hat man durch Aufsteigen zahlreicher Gasperlen das Bild einer stark moussierenden Flüssigkeit. Die Zeichnung ist völlig verwaschen. Farbe schmutzig-graurot.

Magen und Därme, durch Gase hochgradig aufgetrieben, zeigen starke Fäulnisveränderungen.

Leber verhältnismäfsig trocken, braunrot, ohne jede Gasbildung. Läppchenzeichnung deutlich, Fettablagerung in der Peripherie der Läppchen.

Zum Zweck genauerer Untersuchung wurde der brandige Daumen exartikuliert und nebst einem Teil der linken Niere mitgenommen.

Es handelte sich somit in dem vorliegenden Falle um eine von einer geringfügigen Verletzung des Fingers ausgegangene Phlegmone des Arms, bei welcher es nur zu ganz unbedeutender Eiterbildung, aber schon in den ersten Tagen zur Entwicklung stinkender Gase in den Geweben kam. Der Tod erfolgte an allgemeiner Sepsis, und die Sektion ergab neben dem lokalen Befund, brandigen Veränderungen des Arms mit bis auf den Rumpf ausgedehnter Gasbildung in den Geweben, schwere Veränderungen des Herzens, der Milz und der Nieren, bei letzterer noch aufsergewöhnlich starke Gasbildung (Schaumniere).

Auffallend war im Vergleich mit den meisten Fällen von Gasbrand die Geringfügigkeit der Ausgangsverletzung, während es sich bekanntlich gewöhnlich um stark verunreinigte komplizierte Frakturen, schwere Weichteilzerquetschungen oder auch die grofse Fläche des puerperalen Uterus als Eingangspforten für die Erreger der schwer verlaufenden Gasphlegmone zu handeln pflegt. Bei der Obduktion zeigten sich ferner aufsergewöhnlich starke Fäulniserscheinungen trotz der verhältnismäfsig kurzen Frist seit dem Tode und der niedrigen Temperatur der Wintermonate. Schliefslich unterschied sich der Fall bezüglich des Vorhandenseins von »Schaumorganen« dadurch von den meisten sonst beschriebenen, dafs nicht Leber — wie gewöhnlich — und Milz, sondern nur die Nieren eine Gasbildung hohen Grads aufwiesen.

## Bakteriologische Untersuchung.

Aus dem Gewebssaft verschiedener frischer Einschnitte in die Weichteile des Daumens wurden noch am Abend des Obduktionstages gefärbte Ausstrichpräparate gemacht und mikroskopisch untersucht. Dieselben zeigten neben zahlreichen, meist sehr kleinen Kokken nicht sehr reichliche, aber doch in jedem Gesichtsfeld in mehreren Exemplaren vorhandene kräftige Stäb-

chen von den Dimensionen der Milzbrandbazillen aber mit abgerundeten Ecken:

1. Von demselben Safte wurden Ausstriche auf schrägem Agar angelegt und

2. Röhrchen mit verflüssigtem Traubenzuckeragar in hoher Schicht mit verschiedenen Verdünnungen beimpft.

Durch ein Versehen war das mitgebrachte Nierenstück mit Formol übergossen worden, doch wurde dasselbe nach ganz kurzer Einwirkung wieder gründlich entfernt und ein Versuch gemacht, trotzdem aus dem Innern des Organs etwas Gewebssaft zu Kulturzwecken zu verwenden, indem derselbe ebenfalls in verflüssigtem Traubenzuckeragar in hoher Schicht eingeimpft wurde.

3. Am anderen Morgen wurden ferner aus dem Gewebssaft des Fingers und der Niere Traubenzuckeragarplatten mit Verdünnungen angelegt und in der Botkinschen Wasserstoffglocke bei Brüttemperatur aufgestellt.

4. Schliefslich brachte ich zwei Meerschweinchen ($M_1$ und $M_2$) etwa kleinbohnengrofse Stückchen aus dem Unterhautzellgewebe des Fingers und den inneren Teilen der Niere in eine tiefe Bauchhauttasche, welche durch Naht verschlossen wurde.

Die Resultate dieser Versuchsanlagen waren folgende:

ad 1. Auf den unter aëroben Verhältnissen bei Brüttemperatur gehaltenen Agarausstrichen waren schon nach 24 Stunden drei Arten von Kolonien gewachsen:

a) Sehr zahlreiche kleine glänzende tröpfchenartige Kolonien, welche sich als Kokken und beim Wachstum in Bouillon als in langen Reihen wachsende Streptokokken darstellten. Anscheinend Streptococcus pyogenes.

b) Vereinzelte, kräftig wachsende, in den nächsten Tagen deutlich gelb gefärbte Kolonien von Traubenkokken. Anscheinend Staphylococcus pyogenes aureus.

c) Mäfsig zahlreiche, grauweifse, breite, flache Kolonien mit verwachsenen Rändern aus wenig beweglichen kurzen und schlanken

Stäbchen bestehend. Dieselben erwiesen sich bei genauerer Untersuchung gramnegativ, bildeten in Traubenzuckeragar Gas, verflüssigten die Gelatine nicht und erinnerten sehr an Bacterium coli, unterschieden sich jedoch bei der Züchtung auf verschiedenen Nährböden (z. B. Neutralrotagar, Milch, Kartoffel) sowie durch fast vollständiges Ausbleiben der Nitrosoindolreaktion deutlich von demselben. Mit Serum von Paratyphus A und B zeigten sie noch bei einer Verdünnung von 1 : 1000 deutliche Agglutination.

Diese drei Bakterienstämme wurden in Reinkulturen auf verschiedenen Nährböden weitergezüchtet.

ad 2. In den Traubenzuckeragarröhrchen zeigte sich schon nach 15—20 Stunden bei Brüttemperatur Bildung zahlreicher Kolonien in der ganzen Agarsäule sowie Auftreten von reichlichen Gasblasen in einem Teile derselben. Sie wurden zunächst zurückgestellt, da die Kolonien auf den Platten leichter zugänglich waren.

ad 3. Während die mit Material aus der Niere beschickten Platten unter anaëroben Bedingungen überhaupt steril blieben, zeigte sich auf den mit Gewebssaft aus dem Finger geimpften ein reichliches Wachstum von Kolonien, die auf den aërob gehaltenen Röhrchen nicht vorhanden waren. Sie fanden sich in der Originalplatte in sehr grofsen Mengen, Kolonie dicht neben Kolonie, so dafs es sich fast um eine Reinkultur zu handeln schien. An der Oberfläche und besonders an der Unterfläche des Agars breiteten sich dieselben in grauweifser, granulierter Schicht bis zu einem Durchmesser von 1—2 mm aus, während sie in der Agarschicht als bei auffallendem Licht glänzend weifse, bei durchfallendem dunkle, anfangs wetzsteinförmige, später unregelmäfsig gestaltete mit astförmigen Ausläufern versehene kleine Kolonien in Erscheinung traten. Sie bestanden aus grofsen kräftigen Stäbchen (d) ohne Eigenbeweglichkeit, die sich nach Gram gut, mit anderen Farben ebenfalls, wenn auch etwas zögernd färbten.

Aufser diesen Kolonien fanden sich noch vereinzelte Staphylokokkenkolonien wie oben b).

Die Platten zeigten einen intensiven Geruch nach Buttersäure. Gasbildung war auf ihnen nicht zu bemerken.

Beim Versuch, die Stäbchen rein zu züchten, stellte es sich heraus, dafs sie auf den gevöhnlichen Nährböden unter aeroben Verhältnissen überhaupt nicht wuchsen. Auch Impfstiche in hohem Traubenzuckeragar zeigten zunächst keine Entwicklung. Nur nach Verteilung von aus den Kolonien der Platte entnommenem Material in verflüssigten Traubenzuckeragar in hoher Schicht bildeten sich in der Tiefe die gewünschten Kolonien, während die Oberfläche durch Kokken überwuchert wurde. Ich glaubte den Grund dieser Mifserfolge in der Beschaffenheit des schon älteren Nährbodens suchen zu dürfen und versuchte Weiterzüchtungen auf neu bereitetem, etwas weniger Agar und mehr Zucker enthaltendem Traubenzuckeragar. Nach Zerschlagen des Röhrchens gelang es mit Sicherheit, die tief liegenden Kolonien, welche aus den gesuchten Stäbchen bestanden, isoliert abzuimpfen, und ich erhielt dadurch sowohl in Ausstrichen auf unter Wasser stoff gehaltenen Platten, als in Impfstichen in hohem Zuckeragar reichliches Wachstum in Reinkultur. Sowohl in letzterem als in Schüttelkulturen in verflüssigtem Zuckeragar kam es schon nach 24 Stunden zu hochgradiger Gasbildung, durch welche die Agarsäule zerrissen und bis an den Wattepfropfen getrieben wurde. Trieb man durch Schleudern der Röhrchen die Bruchstücke der Agarsäule wieder zusammen, so dafs die dazwischen angesammelten Gasmassen entweichen mufsten, so bemerkte man deutlichen Geruch nach Schwefelwasserstoff. Auf den unter Wasserstoff gehaltenen Platten kam es bei diesem Nährboden häufig, wenn auch nicht immer, zur Gasbildung mit blasiger Abhebung der Schicht, immer aber zeigte sich intensiver Geruch nach Buttersäure.

Unter diesen Umständen erschien es wahrscheinlich, dafs es sich bei diesem streng anaeroben, gasbildenden Stäbchen (d) um den Fränkel-Welchschen Gasbazillus handle.

ad 4. Das mit frischem Leichenmaterial ausgeführte Tierexperiment fiel bezüglich einer Erkrankung der Versuchstiere durchaus negativ aus. Die beiden Meerschweinchen ($M_1$ und $M_2$)

blieben vollständig gesund. Es bildete sich nach etwa vier bis fünf Tagen eiue kleine sezernierende Fistel an der Impfstelle, aus welcher anscheinend später das eingeführte Material ausgestofsen wurde, wonach völlige Heilung eintrat. In dem Sekret der Fistelöffnung waren keinerlei charakteristische Bestandteile zu finden gewesen.

## Tierversuche mit Reinkulturen.

Um über die etwaige Beteiligung der vier aus dem Gewebssaft des erkrankten Körperteils gezüchteten Bakterienstämme an dem Zustandekommen des schweren Krankheitsbildes Aufklärung zu bekommen, wurden dieselben sofort nach der Isolierung in Reinkulturen einzeln und kombiniert auf Versuchstiere übertragen:

### 1. Versuch.

Subkutane Impfung von etwa $^{1}/_{100}$ Öse einer 24stündigen, sehr kräftig gewachsenen Agarkultur von a) (Streptococcus pyogenes) auf eine Maus und ein Kaninchen bewirkten keine Erkrankung. Das lokale Infiltrat war nach etwa 8 Tagen verschwunden.

### 2. Versuch.

Meerschweinchen 3. Schwaches Tier. Subkutane Injektion am Bauch von etwa 0,5 ccm Flüssigkeit aus einer Traubenzuckeragar-Stichkultur von d) (Gasbazillus?). Nach 24 Stunden breites Infiltrat. Tier schwerkrank. Nach 2 Tagen etwas munterer. Unter der weit abgehobenen, verdünnten Bauchhaut schwappende Flüssigkeitsansammlung mit Gasblasen. In derselben befinden sich nach vorsichtiger Punktion mit einer Glaskapillare wenige Eiterkörperchen, die Stäbchen in grofsen Mengen, aber in bröckligen, unregelmäfsig gefärbten und gestalteten Degenerationsformen, vereinzelte in den Eiterzellen eingelagert. Am Morgen des dritten Tages tot.

Sektionsbefund: Unter der Bauchhaut, welcher die Haare fehlen, bis über den Thorax und an die Flanken reichende schwappende Flüssigkeitsansammlung. Nach Eröffnung zeigt sich dieselbe trübrötlich, gashaltig, nicht übelriechend. Das Unterhautzellgewebe gerötet, die Bauchmuskulatur in eine weiche, schmierige, gelbrote Masse verwandelt. An den inneren Organen nichts Besonderes. Die grofsen Drüsen trübe. Nirgends Gasansammlung. Kulturell werden die Stäbchen aus der Flüssigkeit der Impfstelle, nicht aber aus dem Herzblut, nachgewiesen. Aus letzterem auch keine aerob wachsenden Kolonien.

### 3. Versuch.

Meerschweinchen 4. Schwaches Tier. Subkutan am Bauch 0,5 ccm Kulturflüssigkeit von d) (Gasbazillus) wie bei Versuch 2.

Nach 1 Tag schwerkrank. Grofses Infiltrat. Nach 2 Tagen schwappende grofse Flüssigkeitsansammlung mit Gasbildung, Ausfall der Haare der Bauchhaut. Nach 3 Tagen hat sich der Abszefs durch kleine Öffnungen der Bauchhaut entleert. Dieselbe näfst. Tier munterer.

Am 4. Tage tot. — Sektionsbefund genau dem obigen entsprechend.

**4. Versuch.**

Maus. 0,5 ccm Kulturflüssigkeit von d) (Gasbazillus) wie oben, subkutan unter die Rückenhaut. In den nächsten Tagen kleines Infiltrat. Bleibt gesund.

**5. Versuch.**

Kaninchen. 1 ccm Kulturflüssigkeit von d) (Gasbazillus) wie oben in die Ohrvene. Bleibt völlig gesund.

**6. Versuch.**

Meerschweinchen 5, mittelgrofses Tier. Subkutan am Bauch 0,5 ccm Bouillonaufschwemmung einer 24 stündigen Agarkultur von c) (koli-ähnliches Stäbchen). Bleibt völlig gesund. Das kleine Infiltrat an der Injektionsstelle ist nach 2—3 Tagen verschwunden.

**7. Versuch.**

Meerschweinchen 6, mittelgrofses Tier. Subkutan am Bauch ca. 1 ccm eines Gemisches in Bouillon aufgeschwemmter 24 stündiger Agarkulturen von a), b) und c), also der beiden Eiterkokkenstämme und des koli-ähnlichen Stäbchens.

Am folgenden Tag mäfsiges Infiltrat mit etwas Gasbildung. Tier munter. In den nächsten Tagen schwindet das Infiltrat vollständig, es bildet sich eine kleine, etwas nässende Fistel, welche nach 10 Tagen verheilt ist. Das Tier ist ganz gesund.

**8. Versuch.**

Meerschweinchen, mittelgrofses Tier. Subkutan am Bauch 1 ccm eines Gemisches sämtlicher vier Stämme a), b), c) und d) in Bouillonaufschwemmungen 24 stündiger Agarkulturen. Nach 1 Tag: Tier schwerkrank, die ganze Bauchhaut abgehoben von einer gashaltigen Flüssigkeitsmenge, die Bauchhaare gehen aus. Nach 3 Tagen: Entleerung der schwappenden Blase durch die siebartig durchlöcherte Haut, das Tier erholt sich. Es bildet sich ein fast talergrofser Schorf, welcher sich nach 10 Tagen abstöfst und eine rein granulierende Fläche frei macht. Das Tier ist vollständig munter.

**9. Versuch.**

Kaninchen. 0,5 ccm Kulturflüssigkeit von d) (Gasbazillus) wie oben in die Ohrvene. Nach $^1/_2$ Stunde wird das ganz muntere Tier getötet und über Nacht in den Brutschrank gelegt. Am andern Tag ist der Kadaver unförmlich aufgedunsen, der Bauch trommelartig gespannt, beim Betasten deutliches Gewebsemphysem. Beim Ablösen der Haut zeigt sich das Unterhautzellgewebe in allen Maschen mit Gas gefüllt, die Oberschenkelmuskulatur

knistert beim Betasten. Aus der Bauchhöhle dringt bei der Eröffnung ein zischender Gasstrom heraus. Die Leber ist klein, aber vollständig mit Gasblasen durchsetzt, schwammartig verändert und mürbe. Sie schwimmt im Wasser. Die Milz zeigt wenig Veränderung, dagegen sind die Nieren ebenfalls stark gashaltig, so dafs die eine schwimmt. Die Lungen sind mit dicken Gasblasen durchsetzt. Die periphere Muskulatur, z. B. an den Oberschenkeln, ist vollständig mürbe, läfs sich zerdrücken.

In den Ausstrichpräparaten der Leber sowie der Muskeln wimmelt es von den charakteristischen, gut gefärbten Stäbchen. Kulturell werden dieselben wieder aus dem Herzblut und der Muskelsubstanz gewonnen.

Um die Resultate dieser Versuche nochmals zusammenzufassen, so geht ans denselben bezüglich der Wirkung der vier aus dem Leichenmaterial isolierten Bakterienstämme auf dem Tierkörper folgendes hervor:

1. Die Streptokokken zeigten sich trotz üppigen Wachstums auf künstlichen Nährböden für Maus und Kaninchen nicht besonders virulent.
2. Ein Gemisch der Reinkulturen sämtlicher vier Stämme erzeugte subkutan beim Meerschweinchen eine schwere Gasphlegmone (während Einimpfung frischer Gewebsstückchen der Leiche eine Erkrankung nicht erzeugt hatte).
3. Reinkulturen des koliähnlichen Stäbchens (c), welches vermöge seiner Fähigkeit, Gas zu bilden, in Betracht kommen könnte, vermochten weder allein, noch in Verbindung mit den eitererregenden Kokken derselben Herkunft [a) und b)] bei der gleichen Applikation ein ähnliches Krankheitsbild beim Meerschweinchen hervorzurufen.
4. Übrig blieb somit die Reinkultur des anaeroben Stäbchens d) (Gasbazillus), welche tatsächlich auch allein eine schwere Gasphlegmone beim Meerschweinchen bewirkte, während sie für Mäuse (subkutan) und Kaninchen (intravenös) nicht pathogen zu sein schien.
5. Postmortal bewirkte dieselbe beim Kaninchen nach intravenöser Einführung und baldiger Tötung des Tieres bei Anwendung höherer Temperatur hochgradige Gasentwicklung im Kadaver sowie Bildung von Schaumorganen. —

Auch in den hierbei festgestellten Eigenschaften stimmt unser anaerobes Stäbchen d) durchaus mit dem Fränkel-Welchschen Gasbazillus überein, so dafs es gerechtfertigt erscheint, dasselbe weiterhin kurzweg mit diesem Namen zu bezeichnen. Bevor ich aber noch näher auf die morphologischen und kulturellen Eigenschaften des gewonnenen Stammes eingehe, bleibt übrig, die Untersuchungen der Schaumniere unseres Obduktionsfalles zu schildern.

Nach Fixierung in Formol und nachfolgender Härtung in aufsteigendem Alkohol wurden Schnitte von Nierenstückchen angefertigt und nach Vorbehandlung mit Pikrokarmin nach der Gram-Güntherschen Methode gefärbt. Leider entsprachen die erzielten Bilder nicht meinen Erwartungen. Es liefs sich weder eine deutliche Kernfärbung erzielen, noch zeigten die gesuchten Stäbchen die Gramsche Färbung in der gewünschten und nach den aus den Reinkulturen gewonnenen Präparaten erwarteten Deutlichkeit, wenn sie auch zweifellos vorhanden war. Welches nun auch der Grund für dieses Verhalten sein mag, so war es nicht zu verkennen, dafs dieselben in ihrer charakteristischen Gröfse und Gestalt in ganz unglaublichen Mengen durch das Gewebe verbreitet waren. Dabei lagen sie nicht in Haufen oder Fäden, sondern einzeln in ziemlich gleichmäfsiger Verteilung, ohne ein bestimmtes Kanalsystem zu bevorzugen oder zu den namentlich in der Rinde reichlich vorhandenen durch Gasansammlung entstandenen Lücken besondere Beziehungen zu haben.

Dieses Bild war ein durchaus anderes als dasjenige der durch Einspritzung von Gasbazillen künstlich erzeugten Schaumnieren beim Kaninchen. Hier fanden sich die aufserordentlich zahlreichen Stäbchen in schönster Gramfärbung gegenüber dem karminroten Gewebe gröfstenteils in Haufen und zusammenliegenden Massen, besonders in den Gaslücken, welche dadurch schon makroskopisch auffielen.

Neben diesem Nachweis in Schnitten gelang es aber nach mancherlei Mühen noch spät, die Gasbazillen auch aus der Niere in Kultur zu erhalten. Wie oben erwähnt, waren die mit Gewebs-

saft der Niere beschickten Zuckeragarplatten auch unter Wasserstoff steril geblieben, vielleicht infolge der unbeabsichtigten Formoleinwirkung. Es waren jedoch noch die am Abend der Obduktion mit frischem Gewebssaft geimpften Zuckeragarröhrchen (vgl. oben Nr. 2) vorhanden, in welchen sich schon in den ersten Tagen unter mäfsiger Gasbildung zahlreiche Kolonien auch in den untersten Schichten gebildet hatten. Dieselben hatten sich, bei Zimmertemperatur aufgestellt, seit 14 Tagen ziemlich unverändert gehalten. Nach vorsichtiger Zertrümmerung des Röhrchens liefsen sich die in den tiefsten Schichten vorhandenen Kolonien, welche anscheinend ausnahmslos die gesuchten Stäbchen enthielten, mit Sicherheit isoliert abimpfen und auf Zuckeragarplatten unter Wasserstoff zu kräftiger Entwicklung bringen. Auf diese Weise wurden Reinkulturen genau derselben anaeroben Stäbchen aus der Niere gewonnen, wie sie aus dem Gewebssaft des Daumens vorhanden waren. Nach dem Vorkommen in den zur Gewinnung benutzten Röhrchen mufsten sie den Hauptbestandteil der in dem Nierensaft vorhandenen Bakterienflora gebildet haben, was ja auch dem mikroskopischen Bild entsprach. Wie auch die übrigen morphologischen und kulturellen Eigenschaften der beiden Stämme sich vollständig deckten, so gelang die künstliche Erzeugung von Schaumorganen beim Kaninchen auch mit dieser aus der Niere erhaltenen Reinkultur genau in der oben beschriebenen Weise.

War somit mikroskopisch und kulturell das überaus reichliche Vorhandensein der charakteristischen anaeroben Stäbchen in der Schaumniere der Leiche nachgewiesen und ferner durch Einführung von aus der Niere stammender Reinkultur derselben beim Kaninchen die Entstehung gleicher Schaumorgane experimentell erzeugt, so dürfte dadurch die ätiologische Bedeutung des Gasbazillus für die bei der Sektion gefundenen Gasansammlungen in der Niere erwiesen sein.

Bei diesem Gegenstand will ich nicht unerwähnt lassen, dafs die experimentelle Erzeugung von Schaumorganen beim Kanin-

chen in der angegebenen schon vielfach beschriebenen Weise im ganzen dreimal von mir mit Reinkulturen des Gasbazillus verschiedener Provenienz vorgenommen wurde, jedesmal mit demselben positiven Erfolg. Ferner aber, dafs ebensoviele Kontrollversuche mit Kadavern von Kaninchen angestellt wurden, denen der Gasbazillus nicht, oder in dem einen Fall in nicht mehr lebensfähiger Kultur beigebracht worden war. Bei zweien derselben (darunter der letzte) zeigte sich nach 24stündigem Verweilen im Brutschrank neben recht vorgeschrittener Fäulnis und Selbstverdauung des Magens keine Spur von Gasbildung in den Geweben. Bei dem dritten, der in keiner Weise mit Gasbazillen oder Schaumorganen in Berührung gekommen war, liefsen sich deutliche Gasbläschen in einem kleinen Bezirke der Leber bemerken. Weder in den Nieren, noch im Unterhautzellgewebe, noch in den Muskeln und Muskelinterstitien fand sich jedoch eine Spur von Gasbildung, noch war die Muskulatur irgendwie verändert, so dafs das ganze Bild von dem daneben liegenden mit Gasbazillen behandelten Tiere, welches die oben geschilderten Erscheinungen in hohem Mafse darbot, sich sehr wesentlich unterschied. Speziell bot dies letztere im Gegensatz zu den Beobachtungen von Fränkel[1]) ausgesprochenes Unterhaut-Emphysem, so dafs es bei jeder Berührung knisterte.

Dafs übrigens eine Bildung von Schaumorganen durch Einwanderung gaserzeugender Mikroorganismen aus dem Körper des Tieres, etwa vom Darm aus, vorkommt, hat z. B. schon Westenhöfer[2]) festgestellt und gleichzeitig bewiesen, dafs eine solche immer unterbleibt, wenn das betreffende Organ durch sterile Entnahme aus dem sterbenden Tiere und sterile Aufbewahrung im Brutschrank vor einer solchen Einwanderung geschützt wird.

Weitaus dunkler aber als die Beziehungen des Gasbazillus zu der Entstehung von Schaumorganen erscheint die Bedeutung desselben für den tödlichen Krankheitsprozefs, die Gasphlegmone selbst. Von der Lösung dieser Frage dürften wir noch weit

1) Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankh., XL, 1902, S. 92.
2) Virchows Archiv f. path. Anatomie etc., Bd. 168, 1902, S. 203.

entfernt sein! Auf dieselbe aber an der Hand des vorliegenden Falles näher einzugehen, erschien von vornherein ausgeschlossen, da weder irgend welche genauere bakteriologische oder pathologisch-anatomische Untersuchungen aus dem Verlauf der Erscheinungen intra vitam vorliegen, noch solche aus äufseren Gründen später in hierfür genügender Ausdehnung vorgenommen werden konnten. Immerhin erscheint der Nachweis des Fränkel-Welchschen Gasbazillus bei dieser von einer so kleinen Verletzung ausgegangenen tödlichen Gasphlegmone und sein Zusammenhang mit der Existenz von Schaumorganen in der Leiche von praktischer Wichtigkeit.

## Der Fränkel-Welchsche Bazillus.

Zur Identifizierung des gewonnenen Stammes seien unter Bezugnahme auf die Arbeiten von Fränkel[1]), von Grafsberger und Schattenfroh[2]) sowie derjenigen von Kamen[3]), welche aus jüngster Zeit den jetzigen Stand der Frage eingehend schildert, folgende Details über das morphologische und kulturelle Verhalten desselben angegeben, welche mit den schon seither feststehenden durchaus übereinstimmen.

Es handelt sich um ein nur streng anaerob wachsendes, grofses Stäbchen, ungefähr von den Dimensionen des Milzbrandbazillus, eher etwas gröfser, aber mit abgerundeten Ecken. Die Gröfsenverhältnisse schwanken jedoch je nach der Herkunft des Materials.

Die gröfsten Formen sah ich bei Abimpfungen frischgewachsener Agarplattenkolonien im hängenden Tropfen sowie bei gefärbten Ausstrichpräparaten aus dem Kaninchenmuskel. Schwächer waren dieselben z. B. aus Milch. In älteren Kulturen schienen hin und wieder die langen Stäbchen in einzelne Segmente bis zu quadratischen Bruchstücken zerfallen zu sein.

1) Über Gasphlegmone. Monographie. Homburg und Leipzig, 1893. Münchner med. Wochenschr., 1899, S. 1369. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankh., LX, 1902.

2) Archiv f. Hygiene, XXXVII, 1900. Dasselbe, XLVIII, Heft 1. Münchner med. Wochenschr., 1900, Nr. 30 u. 31.

3) Centralbl. f. Bakteriol., I. Abt., Originale, XXXV, 5 u. 6.

Meist liegen die Stäbchen einzeln oder zu zweien, selten in Verbänden von drei und vier, nur ausnahmsweise in längeren Fäden.

Eigenbewegung fehlte immer. Nach den Untersuchungen von Grafsberger und Schattenfroh über die Inkonstanz der Beweglichkeitsverhältnisse nahestehender Anaeroben wurde diese Tatsache wiederholt mit besonderer Sorgfalt geprüft. Weder beim Einimpfen von frischen unter Wasserstoff gewachsenen Kolonien in kurz vorher gekochtes Wasser oder Bouillon, noch bei Verwendung von Kulturen in flüssigen Nährböden konnte — auch sofort nach der Anfertigung des hängenden Tropfens — Eigenbewegung konstatiert werden. Ebensowenig war dies der Fall, wenn durch Einbringung eines Tropfens Pyrogallol und Kalilauge in die Höhlung des Objektträgers für das direkt der Wasserstoffatmosphäre entnommene Material wieder anaerobe Verhältnisse geschaffen wurden, auch nicht bei Aufstellung dieser vom Sauerstoff abgeschlossenen Tropfen in Brüttemperatur.

Die Stäbchen färbten sich gut mit den gebräuchlichen Anilinfarben, ebenso ausnahmslos nach der Gramschen Methode.

Eine Sporenbildung liefs sich mit Sicherheit nie feststellen, auch nicht bei Züchtung auf alkalischem Stärkekleisteragar, wobei Grafsberger und Schattenfroh den Granulobacillus immobilis immer hatten zur Sporulation kommen sehen, was übrigens von Kamen nicht bestätigt wird. Bei älteren Kulturen auf Zuckeragar liefsen sich dagegen mehrmals Lücken in der Färbung, Bildung von hellen Stellen in den Bakterien beobachten (letzteres besonders auch bei einem Präparat aus Kaninchen-Schaumleber), welche den Verdacht auf Sporenbildung erregen konnten, aber nach genauer Beobachtung im hängenden Tropfen und Versuch einer Sporenfärbung als anderweitige Veränderungen des Bakterienleibs aufgefafst werden mufsten. Auch in den Gewebsschnitten sah ich niemals Andeutung von Sporenbildung.

Auch der Nachweis von Kapseln gelang anfangs nicht mit Sicherheit, wenn auch hin und wieder in einfach gefärbten Aus-

strichpräparaten ein heller Hof deutlich zu sein schien. Schliefslich wurde derselbe aber bei Bakterienmaterial aus einer Kaninchenschaumleber durch die Johnesche Färbung zweifellos erbracht.

Die Isolierung des Bazillus wurde, wie schon oben geschildert, am einfachsten durch Giefsen oder Impfung von Traubenzuckeragarplatten erreicht, welche dann im Botkinschen Apparat unter Wasserstoff gehalten wurden. Das Verhalten der Kulturen namentlich bezüglich des Aussehens der Kolonien und der Gasbildung zeigte sich dabei, wie auch in den Reagensglaskulturen, in hohem Mafse abhängig von der Zusammensetzung und namentlich der Konsistenz des Agars. Während anfangs eine Gasbildung in älterem, gut $1^1/_2$ % Agar und etwa $^1/_2$ % Zucker enthaltendem Nährboden überhaupt nicht eintrat, so vermehrte sich Wachstum und vor allem Gasbildung mit dem Augenblick, wo neuhergestellter Nährboden verwendet wurde, der von beidem je 1 % enthielt.

Die Kolonien auf der Platte sind schon oben geschildert. Nur das möchte ich hinzufügen, dafs die Kolonien bei längerer Züchtung auf künstlichem Nährboden trotz Tierpassagen ihre charakteristische Form namentlich auf Oberfläche und Unterfläche etwas zu verlieren schienen. Charakteristisch blieben aber immer bei den in der Schicht gelegenen Kolonien die astförmigen Ausläufer. Die Gasbildung zeigte sich verschieden, nie aber fehlte der Buttersäuregeruch bei Plattenkulturen.

Am bequemsten war die Fortzüchtung in hochgeschichtetem Traubenzuckeragar durch Stichkultur. Zunächst bildete sich eine Trübung des ganzen Impfstiches bis kurz unter die Oberfläche, dann trat — wenigstens bei 1 proz. Agar — in spätestens 24 Stunden reichliche Gasbildung ein, welche den Agarzylinder zerrifs und mit Bildung trüber Flüssigkeit zerklüftete. Leider erwiesen sich die Bazillen in diesen Kulturen nur wenige — zwei bis drei — Tage fortpflanzungsfähig, so dafs häufige Überimpfungen nötig wurden.

Milch wurde unter Wasserstoff stürmisch mit Gasbildung vergoren. Schon nach ein- bis zweimal 24 Stunden schwamm das

Kasein deutlich geschieden in trüber, immer klarer werdender Molke. Die Kaseingerinnsel wurden ferner nicht wieder durch Peptonisierung gelöst, noch kam es nach dem leicht säuerlich bleibenden Geruch zu Eiweifsfäulnis.

Traubenzuckerbouillon wurde unter Gasbildung getrübt, worauf sie sich unter Bildung eines krümeligen Sediments wieder aufklärte.

Unter der Wasserstoffglocke gelangen ferner Kulturen auf schrägem Traubenzuckeragar, auf Agar, welcher 0,5% ameisensaures Natrium enthielt, auf schräg erstarrtem Blutserum, auf Kartoffel — allerdings nur in kümmerlicher Entwicklung — ohne besonders charakteristische Erscheinungen, meist mit Bildung von gewöhnlich zwischen Glaswand und Nährboden auftretendem Gas.

Die Kultivierung in Traubenzuckergelatine ergab, wie auch andere Autoren berichten, nicht immer einheitliche Resultate. Vor allem ist auch hier anscheinend zur Erzielung der den Kulturen ein so charakteristisches Aussehen verleihenden Gasbildung ein geringerer Gehalt an Gelatine, als sonst üblich, von Wichtigkeit (5%). Abgesehen hiervon aber zeigten dieselben Stämme in gleichem Nährboden öfters Verschiedenheiten des Wachstums, welche sich nicht kurzer Hand erklären liefsen. Bei Stichkulturen trat gewöhnlich nach ein bis zwei Tagen entlang des ganzen Stichs eine leichte Trübung bis etwas unterhalb der Oberfläche auf, woran sich dann bei einem Teil der Kulturen das Entstehen von Gasblasen mitten in der Gelatine anschlofs. Eine deutliche Verflüssigung entlang des Stichkanals habe ich niemals sehen können, doch halte ich eine solche bei längerer Beobachtung der sehr langsam wachsenden Kultur nicht für ausgeschlossen. Bei Schüttelkulturen in Zuckergelatine bilden sich nach einigen Tagen zahlreiche Kolonien in den unteren Teilen der Schicht, dann kommt es bei 5proz. Gelatine immer zur Gasbildung.

Bezüglich der Pathogenität für Tiere war schon oben erwähnt, dafs eine solche in ausgesprochenem Mafse für Meerschweinchen, nicht aber für Mäuse und Kaninchen bestand.

Über die Identität dieses Stammes mit dem Fränkel-Welchschen Gasbazillus scheint mir hiernach kein Zweifel mehr zu bestehen.

Ob nun überhaupt und wie weit der Gasbazillus in dem vorliegenden Falle allein oder im Verein mit den begleitenden Bakterien oder anderen Nebenumständen für das Entstehen der Gasphlegmone und ihren tödlichen Verlauf verantwortlich gemacht werden kann, erscheint mir durch den Nachweis seines Vorkommens, auch in Verbindung mit dem Ausfall des Tierexperiments noch in keiner Weise geklärt. Ohne auf die Einzelheiten seiner Wirkungsweise näher eingehen zu wollen, bezüglich deren übrigens eine genügende Übereinstimmung der Untersucher noch durchaus nicht erzielt ist (vgl. die umfassenden Zusammenstellungen bei Kamen), so bietet doch die durch Einverleibung von Unmassen des Bakterienmaterials erzeugte Erkrankung des Meerschweinchens ein ganz ungemein andersartiges Bild, als die von einer geringfügigen Verletzung ausgegangene progrediente Gasphlegmone des Menschen!

Nicht unwesentlich erscheint mir ferner die Tatsache, dafs in unserem Falle schon bei der ersten Inzision ein hochgradig übler Geruch des mit Gasblasen durchsetzten Eiters angegeben wird während ein socher — im Gegensatze zu anderen Bakterien — nach der Einverleibung von Gasbazillen in den Tierkörper nicht angegeben wird, auch von mir niemals, selbst nicht auffallend am Kadaver, bemerkt wurde.

Auch die Möglichkeit, dafs der Gasbazillus nur eine verhältnismäfsig nebensächliche und bedeutungslose Rolle bei solchen Krankeitsprozessen spielen dürfte, kann nicht ganz von der Hand gewiesen werden, wenn man die aufserordentliche Verbreitung desselben in unserer Umgebung bedenkt, die schon Fränkel zugegeben hat, die aber noch durch die Identifizierung mit dem unbeweglichen Buttersäurebildner sehr wesentlich gesteigert ist. Eine solche scheint tatsächlich trotz Fränkels Widerspruch nach den Versuchsresultaten von Kamen nicht mehr umgangen werden zu können, nachdem durch diese die Inkon-

stanz der Sporulierung, sowie die Pathogenität für Meerschweinchen bei etwas gröfseren Dosen auch für den aus Milch gewonnenen Buttersäurebildner festgestellt ist, während Fränkel diese beiden Punkte als differentiell-charakteristisch für den Gasbazillus bezeichnet hat.

Unter diesen Umständen erscheint es fast wunderbar, dafs die bakteriologische Untersuchung der Mundhöhle des Urhebers unserer Bifsverletzung keine Anhaltspunkte für die Existenz des Gasbazillus oder eines ihm nahestehenden anaeroben Stäbchens in ihr ergeben hat.

Zur Illustrierung der grofsen Verbreitung des Gasbazillus auch ohne pathogene Wirkung möge zum Schlusse noch folgender Fall dienen, welcher, zufällig zu der Zeit unserer obigen Untersuchungen zur Beobachtung kommend, den Nachweis und die Reinzüchtung eines mit dem oben beschriebenen vollständig identischen Stammes von Gasbazillus gestattete:

Von der chirurgischen Klinik wurde der hygienischen Abteilung ein ausgeschnittener Schufskanal zur Untersuchung auf Tetanus zugeschickt. Ein Schrotschufs hatte aus nächster Nähe die Schwimmhaut zwischen zwei Fingern getroffen, so dafs neben Schrotkörnern auch noch der Filzpfropf der Patrone in dem Präparat vorhanden war. Die Untersuchung auf Tetanus fiel vollständig negativ aus, dagegen zeigte sich in der Bodenflüssigkeit des mit lebhafter Gasentwicklung gewachsenen Zuckeragarröhrchens, in welches der gröfste Teil des Präparats mit Filzpfropfen in toto versenkt worden war, ein massenhaftes Vorhandensein grofser Stäbchen, welche sich nach Isolierung auf unter Wasserstoff gehaltenen Zuckeragarplatten als Fränkel-Welchsche Gasbazillen erwiesen. Die gewonnenen Reinkulturen erzeugten beim Meerschweinchen Gasphlegmone, beim Kaninchen postmortal Schaumorgane, zeigten dasselbe morphologische Verhalten und im ganzen dieselben Wachstumserscheinungen auf künstlichen Nährböden, wenn auch kleine Unterschiede, z. B. bezüglich der Gasbildung und Schnelligkeit der Entwicklung vorhanden waren. Die Wunde des Patienten heilte glatt, und derselbe blieb vollständig frei sowohl von Tetanus als von Gasphlegmonen.

Gerade beim Abschlufs dieser Arbeit ergibt sich mir unerwarteterweise als ein weiterer Beweis für die aufserordentlich grofse Verbreitung des Gasbazillus die Tatsache, dafs sich aus der Leber des oben auf S. 288 erwähnten Kaninchens, welches, ohne mit unseren Gasbazillen irgendwie in Berührung gekommen zu sein, nach Tötung und 24stündiger Aufbewahrung im Brutschrank Gasbildung geringen Grades in einem Teil der Leber gezeigt hatte, ein anaerobes Stäbchen züchten läfst, welches, soweit es bis jetzt überblickt werden kann, ebenfalls mit dem Fränkel-Welchschen Bazillus identisch ist. Derselbe mufs also auch in dem Körper des völlig gesunden, kräftigen Tieres vorhanden gewesen sein!

Nähere Aufschlüsse über die Identität dieser drei Gasbazillenstämme verschiedener Herkunft, eventuelle Vergleiche mit denjenigen verwandten Arten, welche z. B. aus der Milch leicht zu züchten sind, und Feststellungen ihrer pathogenen Eigenschaften müssen weiteren Untersuchungen überlassen werden.

---

# Über insensible Luftströmungen.

Von

**Max Rubner.**

Die Wirkungen des Windes auf den Menschen sind durch die eingehenden Untersuchungen meines Laboratoriums näher dargelegt worden. Es hat sich dabei, wie man vom biologischen Standpunkt von vornherein erwarten mufste, ergeben, dafs die Wirkungen des Windes nicht mit dem Einflufs von Luftströmungen auf unbelebte Gegenstände in irgend eine Parallele zu stellen sind, sondern eigenartige Reaktionserscheinungen des Organismus zur Folge haben.[1])

Die Luftbewegungen sind, wie gezeigt worden ist, von aufserordentlich bedeutungsvollem Einflufs auf den Menschen. Die anregende Wirkung auf den Kraftwechsel, welche den Windströmungen unter bestimmten Umständen im Sinne der chemischen Wärmeregulation zukommt, läfst sich durch kein Experiment als eben durch sie so anschaulich vorführen.

Bei der Vernachlässigung, unter der die Lungenpflege gewöhnlich bei den Leuten mit sitzender Lebensweise zu leiden pflegt, hat die kräftige Wirkung kühlender Luftbewegung auf die respiratorischen Funktionen gerade besondere Bedeutung.

---

1) Archiv f. Hygiene, Bd. XXXIII, S. 206.

Als Abhärtungsmittel steht die Luftwirkung an erster Stelle; sie ist ein der Haut angemessener Reiz, der auch beim längeren Aufenthalt im Freien sein dauerndes Spiel treibt.

So sind uns also zum erstenmal die Wirkungen bewegter Luft, über die man früher sehr vage Vorstellungen hatte und sich zumeist in allgemeinen Redensarten erging, klar und zahlenmäfsig vor Augen geführt worden.

Bei diesen Experimenten wurden die praktisch bedeutungsvollsten Windgeschwindigkeiten von 1—16 m pro Sekunde einer Prüfung unterzogen.

Im Freien haben wir es selten mit geringen Windstärken und auch nur gelegentlich mit bedeutend höheren zu tun.

Anders in geschlossenen Räumen, hier ist die Luft weit mehr in Ruhe, und wenn es auch eine ruhende Luft im physikalischen Sinne in gröfseren Räumen nicht wohl geben wird, so halten sich die Strömungswerte doch zumeist unter den Gröfsen, die wir im Freien Windstille heifsen.

Man versteht darunter im allgemeinen Luftströmungen, die unter der fühlbaren Grenze bewegter Luft, d. h. unter 0,4—0,5 m pro 1 Sekunde liegen.

Wenn man sich über die Wirksamkeit der Winde eine genaue Vorstellung machen will, wird man gewifs auch das Interesse haben zu erfahren, von welcher Grenze der Geschwindigkeit ab die Luft zu einem Reize für das Hautorgan wird; ob der sensible Reiz, der uns einen Luftstrom wahrnehmen läfst, auch die Grenze darstellt für die Wirksamkeit der Luftströmungen auf den Körper.

Haben Luftströmungen, welche man nicht mehr fühlt, auch keine objektiven Wirkungen?

Die Frage hat nicht nur theoretische, sondern auch grofse praktische Tragweite. Ich habe schon vor längerer Zeit einschlägige Beobachtungen mitgeteilt, die bisher in der Literatur wenig bekannt geworden zu sein scheinen.

Schon bei Ausführungen von Respirationsversuchen im Jahre 1879 war es mir aufgefallen, dafs man manchmal bei stärkerer Ventilation des Respirationsapparates kleine Ver-

mehrungen der Kohlensäure findet, die offenbar mit der Änderung der Luftgeschwindigkeit zusammen hängen, und ich habe daher immer bei vergleichenden Versuchen auch auf diese Bedingung geachtet und auf ihre Wichtigkeit hingewiesen.«

Es konnte sich dabei nur um sehr geringe Luftgeschwindigkeiten, die doch unter Umständen eine Wirksamkeit zeigten, handeln.

Später habe ich dann die Wirkung schwacher Luftströme auf die Haut kalorimetrisch geprüft. Es kamen dabei ganz schwache Luftströmungen von 0,18 cm pro Sekunde bis 1,46 cm auf die Haut des menschlichen Armes zur Anwendung. Hier, wo es sich um einen lokalisierten Einflufs, nicht aber um einen generellen handelt, hatte ich sehr merkbare Unterschiede im Wärmeverlust gefunden, deren Gröfse bei einer Schwankung der Lüftungsgröfse um das 9—11 fache, zwischen 75% bis herab auf 19% Zuwachs wechselte; aber nicht regellos, sondern in Abhängigkeit von der Temperatur.

Bei niederen Temperaturen brachte die bewegte Luft gröfsere Wärmeverluste als bei höheren Wärmegraden (in Prozenten der jeweils produzierten Wärme).

Wärmeverluste durch Leitung und Strahlung einerseits, Wasserverdunstung anderseits, verliefen zwar nicht ganz gleichmäfsig, die Unterschiede mögen aber nicht weiter berührt sein.

Die hier angewandten Luftgeschwindigkeiten liegen weit unter der üblichen Wahrnehmungsgrenze, die, wie gesagt, für trockene Haut auf 50 cm pro 1 Sekunde allgemein angenommen wird, denn in maximo betrug sie nur $^1/_{33}$ hiervon. Es braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden, dafs tatsächlich keine Versuchsperson eine derartige Luft als bewegt fühlte; aus unseren Versuchen folgte also die Möglichkeit erheblicher Wärmeverluste durch Veränderung von Luftgeschwindigkeiten, die unterhalb der Wahrnehmbarkeitsgrenze liegen.

Natürlich kann mit der Zeit allmählich der Wärmeverlust so sich summieren, dafs nunmehr die Kälte fühlbar wird. Die

1) Zeitschr. f. Biologie, Bd. XIX, S. 322.

Versuchsperson klagt einfach über Kühle ohne zu wissen aus welchem Grunde die Haut kalt geworden ist (Temperatureinflufs oder bewegte Luft?).

Die Abkühlung ist eine zu grofse geworden, ohne dafs wir den verursachenden Eingriff, nämlich Zugluft schwächster Art, erkannt haben.

»Es liegt die Vermutung nahe«, habe ich früher ausgesprochen, dafs es sich bei diesen Wärmeentziehungen um solche handelt, welche unter der Reizschwelle des wärmeregulatorischen Apparates liegen[1]). Erst die Summierung der Wärmeentziehung löst ruckweise die Regulationsmechanismen aus.

Da schliefslich doch das Gefühl der Kälte sich einstellt, sind solche Stellen, die der bewegten Luft ausgesetzt waren, offenbar nicht genügend mit Blut versehen worden, was natürlich mit Leichtigkeit hätte geschehen können, wenn die Reize richtig empfunden und vom Körper verarbeitet worden wären.

Hier liegt also entschieden eine Anlage zu anormalen Zuständen vor, zu Abkühlungen über die Grenze des Gesunden hinaus, zu Entwärmungen, die tiefer greifen, als für den normalen Ablauf der Lebensprozesse günstig ist.

Im ganzen genommen handelt es sich dabei um Erscheinungen, welche den Modus der Zugluftêrkältung uns recht deutlich vor Augen führen.

Die wärmeentziehende Wirkung nimmt mit der Luftgeschwindigkeit, wie ich sah, sehr langsam zu.

Noch energischere Wirkungen zeigt die »minimalste Luftbewegung bei benetzten Flächen.«[2]) Auch hier nimmt mit Verlangsamung des Luftstromes die Wärmeentziehung nur sehr langsam ab.

Ich habe also die Tatsache festgestellt, dafs in ihrer ersten Einwirkung insensible Reize der Luft unter bestimmten Bedingungen wärmeentziehend wirken. Insoweit haben wir also eine genügende Vorstellung betreffs solcher Einwirkungen, die nur ein begrenztes Körpergebiet treffen.

---

1) a. a. O., Archiv f. Hygiene, Bd. XXV, S. 264.

2) Archiv f. Hygiene, Bd. XXV, S. 307.

Die Erfahrungen über partielle Abkühlungen durch insensible Änderungen der Luftbewegung lassen sich ohne weiteres nicht auf den Gesamtorganismus übertragen. Es wäre möglich, dafs die Reaktion auf einen schwachen Reiz, der den ganzen Körper trifft, eine andere ist als die Wirkung auf einzelne Körperstellen. Hierüber kann nur das direkte Experiment entscheiden. Ich habe vor Jahren in einigen Tierversuchsreihen die Exaktheit der wärmeregulatorischen Einrichtungen des Warmblüters vor Augen geführt[1]) und zwar mit sehr präzisem Erfolge den Einflufs minimalster Temperaturschwankungen auf den Kraftwechsel erwiesen.

Es war daher naheliegend, die Frage nach den Wirkungen schwächster Luftströme in gleicher Art am Tierkörper zu behandeln. Das Menschenexperiment gestattet nicht so einfache Bedingungen, wie sie zu solchen schwierigen Versuchen notwendig sind.

Die Experimente, über die ich kurz berichten möchte, sind schon vor etwa 10 Jahren sozusagen als erste Vorarbeit zu den später namentlich von Wolpert weitergeführten Versuchen unternommen worden.

Ich habe mehrere Reihen am Hunde in der Weise durchführen lassen, dafs die Tiere alternierend bei gröfserer oder geringerer Ventilation im Respirationsapparat auf ihren Stoff- und Kraftwechsel untersucht wurden. Ein Einflufs der Nahrung war dabei ausgeschlossen; auch sonst wurden die Versuchsbedingungen gleich gehalten.

Die Variationen der Luftgeschwindigkeit sckwankten zwischen 0,4 — 1,3 cm pro 1 Sek.[1]) Der Hund konnte sich naturgemäfs der Einwirkung der Luft bei der Enge des Raumes im Respirationsapparat (Kalorimeter) nicht entziehen. Die Luftgeschwindigkeit liegt in allen drei Reihen weit unter der Wahrnehmbarkeitsgrenze bei dem Menschen und vermutlich in gleicher Weise bei Tieren.

---

1) Sitzungsberichte der bayr. Akademie der Wissenschaften, 1885, S. 454.

2) Ähnlich wie bei den Versuchen am menschlichen Arme.

Die Resultate der einzelnen Serien finden sich in nachstehenden Tabellen, wobei die Werte für grofse und kleine Ventilationen gleich zusammengestellt und zu Mittelwerten verrechnet sind.

**I. Serie.**

| | Ventilationsgröfse (l) | $CO_2$ | | Harn N | Lufttemperatur | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ventilat.-Luft | in 24 Std. ausgesch. | | Maximum | Minimum |
| | | mg pro l | g | | | |
| | | | a | | | |
| | 209,— | 1,64 | 152,5 | 1,4 | 9,— | 11,5 |
| | 206,8 | 1,58 | 151,— | 1,4 | 8,5 | 10,— |
| | 212,1 | 1,43 | 165,4 | 1,5 | 6,5 | 8,5 |
| Mittel | 209,3 | 1,55 | 156,3 | 1,4 | 8,0 | 10,0 |
| | | | b | | | |
| | 63,1 | 3,37 | 142,6 | 1,5 | 8,5 | 11 |
| | 60,8 | 3,33 | 138,1 | 1,5 | 7,— | 9,— |
| Mittel | 61,4 | 3,35 | 140,3 | 1,5 | 7,7 | 10 |

**II. Serie.**

| | Ventilationsgröfse (l) | $CO_2$ | | Harn N | Lufttemperatur | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ventilat.-Luft | in 24 Std. ausgesch. | | Maximum | Minimum |
| | | mg pro l | g | | | |
| | | | a | | | |
| | 146,3 | 1,94 | 125,9 | 2,8 | 14,— | 16,5 |
| | 116,— | 1,91 | 134,6 | 2,3 | 13,— | 15,5 |
| | 204,8 | 1,49 | 132,1 | 2,7 | 11,— | 14,— |
| | 193,8 | 1,53 | 140,6 | 2,6 | 11,5 | 15,— |
| Mittel | 165,2 | 1,46 | 133,3 | 2,6 | 12,4 | 15,2 |
| | | | b | | | |
| | 40,8 | 4,29 | 130,6 | 2,9 | 14,— | 16,— |
| | 82,8 | 2,29 | 129,3 | 2,— | 11,— | 14,— |
| | 67,1 | 3,— | 136,7 | 2,7 | 10,5 | 14,— |
| Mittel | 63,6 | 3,19 | 132,2 | 2,5 | 11,8 | 14,7 |

**III. Serie.**

| | Ventilations-größe (l) | $CO_2$ Ventilat.-Luft | $CO_2$ in 24 Std. ausgesch. | Harn N | Lufttemperatur Maximum | Lufttemperatur Minimum |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | mg pro l | g | | | |
| | | | a | | | |
| | 97,5 | 1,83 | 105,3 | 1,9 | 23,5 | 22,— |
| | 170,9 | 1,27 | 80,3 | 1,6 | 25,— | 24,— |
| | 173,9 | 1,12 | 60,8 | 2,3 | 25,— | 22,— |
| Mittel | 147,4 | 1,40 | 82,1 | 1,9 | 24,5 | 22,7 |
| | | | b | | | |
| | 30,8 | 3,85 | 95,6 | 1,2 | 25,5 | 22,— |
| | 82,— | 1,82 | 85,3 | 1,7 | 28,2 | 23,— |
| | 36,— | 2,52 | 58,3 | 2,3 | 26,5 | 23,— |
| Mittel | 49,6 | 2,73 | 79,7 | 1,7 | 26,7 | 22,7 |

Aus obigen Werten bilden wir die folgende Generaltabelle, in welcher die zur Berechnung des Kraftwechsels dienenden Ergänzungen vorgenommen worden sind. Die Berechnung des Kotes kann bei Hungerversuchen, wie sie vorliegen, aufser Betracht bleiben.

**Generaltabelle.**

| Serie | Ventilation | N im Harn | C Respir. | C Harn | Summe C | Fett C | Wärme aus Eiweiß | Wärme aus Fett | Temp. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | grofs | 1,4 | 42,7 | 1,0 | 43,7 | 39,1 | 35,0 | 480,9 | 9,0 |
| | klein | 1,5 | 38,3 | 1,1 | 39,4 | 34,5 | 37,5 | 424,3 | 8,8 |
| II | grofs | 2,6 | 36,4 | 1,9 | 38,3 | 29,7 | 65,0 | 365,3 | 13,8 |
| | klein | 2,5 | 36,1 | 1,8 | 37,9 | 29,7 | 62,5 | 365,3 | 13,2 |
| III | grofs | 1,9 | 22,4 | 1,4 | 23,8 | 17,5 | 47,5 | 215,2 | 23,6 |
| | klein | 1,7 | 21,8 | 1,2 | 23,0 | 17,4 | 42,5 | 214,1 | 23,7 |

Wir können nur auf die Werte des Kraftwechsels Nachdruck legen, die Eiweifszersetzung, die in den drei Serien etwas schwankend ist, hängt von zufälligen Momenten, wie der dem Versuch vorausgegangenen Art und Gröfse der Nahrungszufuhr ab.

Das Ergebnis des Versuchs gibt folgende kurze Zusammenstellung.

**Kraftwechsel in 24 Stunden in Kal.**

| Serie | Temperatur | Ventilation | |
|---|---|---|---|
| | | grofs | klein |
| I | 9° | 516 | 459 |
| II | 13° | 430 | 428 |
| III | 24° | 263 | 267 |

Der Kraftwechsel ist also bei grofser und kleiner Ventilation wirklich verschieden aber nicht unter allen Verhältnissen. Nun könnte man vielleicht meinen, dafs etwa ein störender Umstand sich vielleicht in der Hinsicht habe ergeben können, als die Luft bei grofser Ventilation natürlich etwas reiner war als bei kleiner Ventilation, wo sich etwas mehr Kohlensäure ansammeln konnte. Aber die Ventilation war auch da, wo sie gering war, noch immer reichlich, was man aus den Protokollen sieht. Die tatsächlichen Ergebnisse lassen auch eine solche Deutung gar nicht zu, nicht allgemein war eine Wirkung der grofsen Lüftung zu finden, sondern aus der Tabelle folgt, eine den Körper treffende, an sich unfühlbare Luftbewegung ist innerhalb der hier innegehaltenen Bewegungsgröfsen der Luft nur wirksam bei niedrigen Temperaturen. Bei höherem Wärmegrade ist die abkühlende Wirkung so gut wie ganz irrelevant, natürlich eben deshalb, weil die Gröfse der Wärmeentziehung zu gering ist.

Die Anregung des Stoffwechsels durch eine auf das 3- bis 4fache gesteigerte Ventilation bringt bei 8—9° einen Zuwachs von Wärmeverlust von 12,4%. Bei noch geringeren Lufttemperaturen wird der Einflufs auch noch weit bedeutender sein können.

Aus diesen Beobachtungen folgert eine sehr kräftige Wirkung geringster Luftströmungen bei winterlichen Temperaturen. Der Hund hatte in allen Experimenten, auch jenen bei 9°, seine Eigentemperatur gut im Gleichgewicht erhalten, wie aus der Zusammenstellung nachfolgender Tabelle hervorgeht.

| Temp. | Ventilation | vormittags 10 Uhr | abends 6 Uhr |
|---|---|---|---|
| 9° | grofs | 38,42 | 38,63 |
| | klein | 38,35 | 38,60 |
| 13° | grofs | 38,70 | 38,90 |
| | klein | 38,70 | 38,80 |
| 24° | grofs | 38,53 | 38,53 |
| | klein | 38,36 | 38,53 |

Somit hat sich also bestätigt, was wir aus den Versuchen am Arme erwarten durften; auch der Gesamtkörper wird, wenn auch in anderen Zahlenverhältnissen durch an sich insensible und das kann man noch hinzufügen, anemometrisch nicht nachweisbare Luftströmungen beeinflufst. Das ist von grofser praktischer Bedeutung, denn wir sehen, dafs Räume von gleicher Temperatur bei anscheinend ruhender Luft eben doch nicht in ihrer thermischen Wirkung gleich zu sein brauchen. Die geringfügigste Luftströmung, für unsere Instrumente unmefsbar und für die Haut als solche nicht wahrnehmbar, wird wirksam. Was man Zug nennt, sind immer schon gröbere Luftbewegungen; nach meinen Ergebnissen kann man also auch von einem »Zug« getroffen werden, den wir nicht ahnen, und dem wir nicht ausweichen können, weil wir ihn nicht sofort, sondern erst an den Folgen und vielfach zu spät erkennen. Interessant bleibt, wie scharf der tierische Organismus auf schwächste Luftströme reagiert.

Aus dem Gesagten ergibt sich auch eine Erklärung für störende Einwirkungen mancher Ventilationsanlagen, und für Räume mit unabgeglichener Temperatur, die unter Umständen zu solchen insensiblen Luftströmungen führen.

# Zur Kritik der Formaldehyddesinfektion.

Von

**Dr. G. Werner,**
kgl. Kreisassistenzarzt.

(Aus dem Institut für Hygiene und experimentelle Therapie zu Marburg. Abteilung für Hygiene. Vorstand: Prof. Bonhoff.)

Schon bei der Empfehlung seines in der Entwicklung der Formaldehyddesinfektion so wichtigen sog. Breslauer Wohnungsdesinfektionsverfahrens hat Flügge (11) betont, dafs die Desinfektionsversuche mit Formaldehyd, je exakter und vollkommener sie angestellt würden, um so ungünstiger ausfielen. Zweifellos haben auch genauere Forschungen über die desinfektorische Wirksamkeit der Formaldehyddämpfe grofse Schwächen des Verfahrens herausgestellt, welche nur durch entsprechende Vorbereitung der Objekte, eventuell durch Mitbenutzung anderer Desinfektionsmittel ausgeglichen werden können. Es ist jetzt für Jeden, der sich mit diesen Verhältnissen etwas eingehender beschäftigt, keine Frage, dafs die gewünschte Wirksamkeit des Verfahrens in der Praxis von einem gewissen, allerdings meist erlernbaren Quantum an Technik und Kenntnis der in Betracht kommenden, nicht immer ganz einfachen, physikalischen und chemischen Vorbedingungen abhängig ist und somit mehr als man anfangs glaubte, Intelligenz und Gewissenhaftigkeit des Desinfektors voraussetzt.

Dadurch ist die tatsächliche Wertlosigkeit der, wie jeder praktische Arzt weifs, recht verbreiteten Laiendesinfektion mit

kleinen handlichen Formalinlampen und ähnlichen Apparaten, deren Wirksamkeit in den Prospekten der Fabrikanten in den Himmel gehoben wird, genügend gekennzeichnet. Durch die Verwendung derselben in den Händen von Krankenschwestern und Heilgehilfen kann es zur Schädigung der Allgemeinheit kommen, weil wirksameres Vorgehen darüber versäumt wird.

Trotz dieser bekannten Schwächen aber hat die kunstgerecht ausgeübte Wohnungsdesinfektion mit Formaldehyddämpfen wegen ihrer unbestreitbaren grofsen praktischen Verwendbarkeit eine aus jedem neueren Bericht über Seuchenbekämpfung zu ersehende kolossale Bedeutung auf diesem Gebiete errungen, da die früher solchen Desinfektionen — nicht ohne Grund — entgegenstehenden Schwierigkeiten durch sie auf ein geringes Mafs herabgedrückt worden sind.

Um so wichtiger aber ist es, alle Einwände, welche die Wertlosigkeit des Verfahrens — auch wenn es nach allen Regeln der Kunst ausgeübt wird — überhaupt oder bezüglich einzelner Krankheiten behaupten, auf ihre Stichhaltigkeit zu untersuchen. Der Beweis ihrer Richtigkeit würde nicht schnell genug eine Umkehr auf dem Weg unserer heutigen Desinfektionstechnik veranlassen können. Im anderen Falle aber ist es ebenso wichtig, das Vertrauen zu einer seither für segensreich gehaltenen Methode, welches von Kritiken, namentlich wenn sie von mafsgebender Seite stammen, nach Hineingelangen in Laienkreise nur zu leicht zerstört wird, wieder herzustellen und zu befestigen.

Während man seither auf Grund zahlreicher Untersuchungen der verschiedensten Forscher die Unschädlichmachung von tuberkelbazillenhaltigem Material durch Formaldehyddämpfe für verhältnismäfsig leicht möglich, und diese deshalb zur Desinfektion von Phthisikerräumen für recht geeignet hielt — wenn auch unter der Einschränkung, dafs gröbere Verunreinigungen auf andere Weise desinfiziert würden —, so hat Spengler ([29]) im vorigen Jahre auf Grund einer Reihe von Untersuchungen den Beweis angetreten, dafs Tuberkelbazillen unter den praktisch vorkommenden Verhältnissen überhaupt nicht durch Formaldehyddesinfektion abgetötet würden, auch nicht bei Anwendung

sehr grofser Formaldehydmengen (105 g Paraform pro cbm). Eine Vernichtung der Tuberkelbazillen, auch in dünnen, trocknen Sputumlagen und selbst im feuchten Sputum etwas dickerer Lage (1—2 mm) sei nach Flügges Methode vollkommen ausgeschlossen! Die von ihm behauptete ganz aufsergewöhnlich grofse Resistenz der Tuberkelbazillen gegen Formaldehyd benutzte er dazu, um diese aus Bakteriengemischen zu isolieren und den Beweis ihrer Lebensfähigkeit dadurch zu erbringen, dafs er deutliche Vermehrungserscheinungen (Anreicherung) nachwies und sie auf Nährböden rein züchtete. Seine ganze Beweisführung gründet er ohne Benutzung des Tierversuchs auf diese neue Züchtungsmethode, welche meines Wissens bis jetzt von niemand bestätigt worden ist.

Wenn sich diese Behauptung bewahrheitete, würde dem Gebiet der Formaldehyddesinfektion, wie es durch Flügge ([12]) u. A. seither umgrenzt wurde, allerdings ein wesentlicher Teil entzogen werden müssen.

Ein anderer Einwand des letzten Jahres wendet sich mit einer Kritik der seitherigen Untersuchungsmethoden gegen die desinfizierende Wirksamkeit des Formaldehydverfahrens überhaupt und stellt die Behauptung auf, dafs es sich bei demselben meist nur um eine Entwicklungshemmung, nicht aber um Abtötung der betroffenen Krankheitserreger handle. In einer Arbeit aus der Abteilung für experimentelle Therapie des hiesigen hygienischen Instituts berichtet Roemer ([26]) über einige gelegentliche Desinfektionsversuche nach dem Breslauer Verfahren und durch Karboformalglühblocks, bei welchen es sich herausstellte, dafs die Testobjekte nach Waschung in verdünntem Ammoniak, wodurch der ihnen anhaftende Formaldehyd desinfektorisch unwirksam wurde, alsbaldiges Wachstum zeigten, während die entsprechenden Objekte, die dieser Nachbehandlung nicht unterzogen wurden, anscheinend steril blieben. Er konnte durch diese Behandlung mit Ammoniak noch Keime als lebensfähig erweisen, welche weder nach wiederholtem Auswaschen in anderer Flüssigkeit, Bouillon oder dgl. zum Auskeimen kamen, noch im Tierversuch sich wirksam zeigten. Der Gedanke lag somit nahe,

dafs eine ganze Reihe früherer, günstig ausgefallener Desinfektionsversuchsreihen, auf welche sich unsere heutigen Anschauungen über die Formaldehydwirkung gründen, sich einer derartig schärferen Beobachtungstechnik gegenüber in wesentlich ungünstigerem Licht gezeigt haben würden.

Eine gleichmäfsige Bestätigung dieser Versuchsresultate würde allerdings die ganze Methode zu Fall bringen können.

Zur Nachprüfung dieser beiden Fragen: 1. der Einwirkung der Formaldehyddämpfe auf Tuberkelbazillen und 2. der Beeinflussung der Resultate von Versuchen mit Formaldehyddesinfektion durch Änderung der Untersuchungstechnik im Sinne der Römerschen Versuche wurden auf Veranlassung und unter Leitung des Herrn Prof. Bonhoff von mir eine Anzahl von Desinfektionsversuchen mit Formaldehyddämpfen ausgeführt, deren Schilderung und Resultate den Gegenstand dieser Arbeit bildet:

## Tuberkelbazillenzüchtung nach Spengler oder Tierversuch?

Zunächst versuchte ich, um zu den Untersuchungen auf Lebensfähigkeit der Tuberkelbazillen nach der Formaldehydeinwirkung womöglich das von Spengler ([29]) angegebene Züchtungsverfahren anwenden zu können, dem er seine auffallenden Resultate verdankt, und mich von dem seither immer zur Anwendung gekommenen Tierversuch unabhängig zu machen, mich nach den Angaben des vorliegenden Aufsatzes auf diese Untersuchungsmethode einzuarbeiten.

Ich untersuchte nacheinander zwölf verschiedene Phthisikersputa mit reichlichem, zum Teil ungewöhnlich reichlichem Gehalt an Tuberkelbazillen. Dieselben wurden in 2—2½ mm dicker Schicht auf Fliefspapier in Petrischalen den Dämpfen von 3—10 Tropfen Formalin ausgesetzt, welche auf ein im Deckel des Schälchens eingeklemmtes zweites Blatt Filtrierpapier aufgeträufelt waren. Dann wurde das Sputum dieser Einwirkung bei 20—25° verschieden lange Zeit überlassen und in dünner Schicht auf in Schalen gegossene Nährböden ausgebreitet, schliefslich vor Verdunstung geschützt in den Brütschrank gestellt. Als Nährboden

wurde in erster Linie der von Spengler empfohlene und mit einem Zusatz von Somatose versehene Glyzerinagar mit Nährstoff Heyden nach Hesse ([16]) verwendet, welcher schon an und für sich die Reinzüchtung von Tuberkelbazillen aus Bakteriengemischen dadurch ermöglichen soll, dafs er den Begleitbakterien sehr ungünstige, den Tuberkelbazillen aber verhältnismäfsig günstige Existenzbedingungen bietet. Von diesen Platten wurden dann nach Stunden und Tagen mit sterilen Deckgläschen Klatschpräparate gemacht, welche auf Vorkommen und Verhalten der Tuberkelbazillen untersucht wurden. Erschien nun eine Vermehrung derselben wahrscheinlich, so wurden weiter von solchen Stellen, an denen die störende Anwesenheit anderer Kolonien sich ausschliefsen liefs, Abimpfungen auf Röhrchen mit für Tuberkelbazillen geeigneten Nährböden vorgenommen.

Obgleich diese Versuche in den verschiedensten Modifikationen bezüglich des Untersuchungsmaterials, der Einwirkung des Formalins nach Quantität, Zeitdauer und Temperatur, sowie der Nährböden wochenlang an vielen Dutzenden von Platten und Röhrchen fortgesetzt wurden, kam ich nicht ein einziges Mal zu dem von Spengler bei seinen zahlreichen Versuchsschilderungen berichteten Resultat, dafs sich Tuberkelbazillenreinkulturen in mikroskopisch oder gar mit blofsem Auge wahrnehmbarer Weise gebildet hätten. Ja mit absoluter Sicherheit konnte ich nicht einmal eine Anreicherung nachweisen, welche nach Spengler immer gelingen soll!

Wohl hatte man bei manchen Klatschpräparaten, besonders wenn es sich um abnorm bazillenreiche Sputa handelte, den Eindruck, als wenn eine Vermehrung der Tuberkelbazillen stattgefunden habe. Man sah in der von Spengler geschilderten Weise selten einzelne Stäbchen, meist aber paarweises oder haufenweises Zusammenliegen, auch Bildung von Schleifen und Zöpfen. Allein dann konnte man als einfachere Erklärung dieser Erscheinung niemals ausschliefsen, dafs man nur ein an Tuberkelbazillen besonders reiches Partikelchen getroffen hatte. Diese an Tuberkelbazillen abnorm reichen Sputa zeigten tatsächlich auch bei der direkten Untersuchung an manchen Stellen ganz ähnliche

Bilder von gehäuftem Vorkommen der fraglichen Stäbchen.

Immerhin will ich das Vorkommen einer Vermehrung auf der Platte nach der Formaldehydeinwirkung nicht ganz bestreiten, zur Sicherstellung einer Diagnose auf Lebensfähigkeit der Tuberkelbazillen reichten meine Beobachtungen aber nicht aus. Aufserdem kam es niemals zur Bildung deutlicher Kolonien, auch hatten die von solchen Stellen häufig vorgenommenen Abimpfungen auf Röhrchen nicht in einem einzigen Falle Erfolg!

In der Tat bewirkte die geschilderte Formaldehydeinwirkung durch Abtötung der Begleitbakterien im Sputum, dafs auf den Platten eine Entwicklung anderer Kolonien ausblieb oder bei geringerem Grade der Einwirkung nur in unbedeutendem Mafse auftrat, während Kontrollplatten schon nach wenigen Tagen von denselben überwuchert waren. Dadurch war die Möglichkeit gegeben, die Platten wochenlang auf Entwicklung von Tuberkelbazillen zu beobachten. Allein auch bei dem geringsten Grade der Formaldehydwirkung, durch welchen eben das Auftreten von Kolonien der Begleitbakterien verhindert wurde, hatten diese Beobachtungen kein verwertbares positives Resultat. Man konnte sich dem Eindruck nicht entziehen, dafs dann auch schon eine Abtötung bzw. erhebliche Schädigung der Tuberkelbazillen eingetreten sei.

Es lag nahe, die Ursache für das Mifslingen der Züchtungsversuche in den zur Anwendung gekommenen Nährböden zu suchen, die zu wiederholten Malen genau nach der Vorschrift von Hesse und Spengler neuangefertigt worden waren. Wirklich ergaben Kontrollversuche mit Tuberkelbazillen-Reinkulturen, welche auf den sonstigen hierfür gebräuchlichen Nährböden gut wuchsen, dafs der von Spengler empfohlene Somatose-Heyden-Glycerin-Agar nicht nur den Begleitbakterien recht kümmerliche Wachstumsbedingungen bot, sondern dafs dies bei dem Tuberkelbazillus in ganz ähnlicher Weise der Fall war. Eine direkte Anfrage bei dem Autor des Verfahrens, Herrn Hesse, ergab denn auch den für mich immerhin tröstlichen Bescheid, dafs die Rein-

züchtung von Tuberkelbazillen aus Sputum auf dem von ihm früher beschriebenen Nährboden nur verhältnismäfsig sehr selten gelinge, da das — nach unseren Beobachtungen sehr kümmerliche — Wachstum der Begleitbakterien im Verhältnis zu dem der Tuberkelbazillen noch zu gut sei. Ein Erfolg sei erst unter Benutzung anderer, recht subtiler Mafsnahmen zu erwarten, die inzwischen auch zur Veröffentlichung gelangt sind ([17]). Allein auch die wiederholte Benutzung anderer Nährböden, auf welchen notorisch und nach Kontrollversuchen Tuberkelbazillen kräftig gediehen, führte bei unserem Material nicht zum gewünschten Ziel.

Ich will nicht unerwähnt lassen, dafs auch bei einigen Versuchen die Sputa nach der Formaldehydeinwirkung Ammoniakdämpfen ausgesetzt wurden, um etwa in ihnen enthaltenen, die Entwicklung der Tuberkelbazillen hemmenden Formaldehyd durch Umsetzung in Hexamethylentetramin unwirksam zu machen, bevor dieselben auf den Nährboden gebracht wurden. Auch hierdurch wurde eine Änderung des negativen Resultates nicht erzielt.

Die untere Grenze der Formaldehydeinwirkung, jenseits welcher es wieder zum Auftreten von Kolonien der Begleitbakterien kam, erreichte ich bei zahlreichen Versuchen etwa dann, wenn Sputum in einer Schicht von 2 mm Dicke zehn Tropfen Formalin etwa ³/₄—1 Stunde lang bei 20° ausgesetzt wurde. Gerade unter diesen Bedingungen stellte ich eine grofse Zahl von Untersuchungen auf Lebenserscheinungen der Tuberkelbazillen an, wie gesagt, immer mit negativem Erfolg. Bei geringerer Dosierung der Formaldehydwirkung machte das Auftreten anderer Kolonien weitere Beobachtung bald unmöglich.

Da sich also auf diesem Wege ein sicheres Kriterium der Lebensfähigkeit oder Abtötung der in dem Sputum enthaltenen Tuberkelbazillen nicht gewinnen liefs, so blieb nur übrig, wieder zum Tierexperiment zu greifen.

Zunächst wurde zwei Meerschweinchen ein tuberkelbazillenhaltiges Sputum intraperitoneal injiziert, welches in obiger Weise einer geringeren Quantität Formalin (5 Tropfen ³/₄ Stunden) ausgesetzt gewesen war. Auf der Platte zeigte dasselbe die Entwicklung zahlreicher Kolonien, namentlich

von Kokken, durch welche die Beobachtung der Tuberkelbazillen, welche zuerst Vermehrungserscheinungen zu zeigen schienen, schon nach 4—5 Tagen unmöglich wurde. Das eine Tier starb nach 4 Wochen und bot den Befund ausgebreiteter Tuberkulose der Bauchorgane. Das zweite wurde zugleich mit dem mit unbehandeltem Sputum eingespritzten Kontrolltier nach 6 Wochen getötet. Beide zeigten allgemeine Tuberkulose. Eine Abtötung der Tuberkelbazillen war also nicht eingetreten.

Dieser Versuch wurde noch zweimal mit anderen Sputa wiederholt, welche 10 Tropfen Formalin $^{3}/_{4}$—1 Stunde ausgesetzt gewesen waren und dann auf der Agarplatte 24 bzw. 48 Stunden im Brütschrank zugebracht hatten, um nach Spengler noch lebensfähigen Tuberkelbazillen Gelegenheit zur Anreicherung zu geben. Auf der Platte zeigten dieselben keine Bildung von anderweitigen Kolonien. Die Tuberkelbazillen lagen in Gruppen und Häufchen, ohne sich während einer etwa siebentägigen Beobachtungszeit irgendwie zu verändern. — Die Versuchstiere zeigten sich bei der Sektion, eines nach 4, drei nach 6 Wochen, vollständig gesund. Die beiden Kontrolltiere des ersten Versuchs starben in der dritten Woche, hatten chronisch peritonitische Erscheinungen und zeigten beginnende, mikroskopisch nachgewiesene Tuberkulose der Bauchorgane. Drei Kontrolltiere des zweiten Versuchs erlagen einer akuten Peritonitis wenige Stunden nach der Einspritzung; allein der Nachweis der Lebensfähigkeit und Virulenz der in dem Sputum enthaltenen zahlreichen Tuberkelbazillen dürfte wohl dadurch als erbracht anzusehen sein, dafs ein Sputum desselben Phthisikers wenige Tage vorher sich durch eine anderweitige Tierinfektion als virulent erwiesen hatte.

Bei dem Grad der Formaldehydeinwirkung, bei welchem eine Abtötung der Begleitbakterien erreicht wird, erwies der Tierversuch also auch die Tuberkelbazillen als abgetötet oder doch als infektionsunfähig.

Dies bestätigte sich mir später auch noch in einem weiteren Falle: Zur Erzielung möglichst eklatant infizierender Testobjekte

für einen der später zu beschreibenden Desinfektionsversuche hatte ich ein Phthisikersputum mit einer für Meerschweinchen sehr virulenten Tuberkelbazillen-Reinkultur versetzt. Trotz längeren Verarbeitens in der Reibschale zeigten sich bei der mikroskopischen Untersuchung desselben in jedem Gesichtsfelde neben zahlreichen einzelnen Tuberkelbazillen auch noch zusammengeklebte Häufchen derselben. Um festzustellen, ob dadurch eine erhöhte Resistenz gegen die Formaldehydwirkung bedingt sei, setzte ich einen Teil des Sputums 1 Stunde lang 10 Tropfen Formalin aus, genau in der oben beschriebenen Weise. Das hiermit subkutan infizierte Meerschweinchen zeigte sich, nach 8 Wochen getötet, vollständig gesund, während das in derselben Weise mit dem unbehandelten Sputum infizierte Kontrolltier nach 6 Wochen einer schweren allgemeinen Tuberkulose erlegen war.

Dafs allerdings die Tuberkelbazillen schwerer abgetötet werden als andere pathogene Keime, welche so oft derartige Tierinfektionen mit tuberkelbazillenhaltigem Material durch akut tödliche Erkrankungen vereiteln, bewies folgende Beobachtung: Es waren zwei mit tuberkulösem Sputum intraperitoneal infizierte Kontrolltiere eines anderweitigen Versuchs an akuter Peritonitis mit allgemeiner Kokkeninfektion verloren gegangen. Ich infizierte ein drittes in derselben Weise mit demselben Sputum, nachdem ich dies 5 Tropfen Formalin $^1/_2$ Stunde ausgesetzt hatte. Das Tier überstand die Einspritzung und wurde später in beabsichtigter Weise tuberkulös. Es waren also bei *dieser geringeren Formaldehydeinwirkung* zwar die Erreger der akuten Peritonitis, Eiterkokken u. dgl., *nicht* aber *die Tuberkelbazillen* abgetötet worden.

Durch den Ausfall dieser Versuche scheint mir gegenüber *Spengler* bewiesen zu sein, dafs *erstens* die Resistenz der Tuberkelbazillen gegenüber dem Formaldehyd nicht eine *so viel* gröfsere ist als die ihrer Begleitbakterien, dafs sich daraus eine praktisch zu diagnostischen Zwecken verwendbare Methode ihrer Isolierung und Reinzüchtung aus den meist in Betracht kommenden Bakteriengemischen schaffen liefse, und *zweitens*, *dafs*

Tuberkelbazillen in feuchtem Sputum sich durch Formaldehyddämpfe abtöten lassen, und zwar nicht sonderlich schwer!

Zu entscheiden, ob dies auch bei der Wohnungsdesinfektion zutreffend ist, bleibt späteren Versuchen vorbehalten. — Dafs auch bei anderen Untersuchern das Spenglersche Verfahren keine praktischen Resultate gehabt hat, ersehe ich aus einem Bericht der Sputumuntersuchungsstelle am Hygienischen Institut zu Giefsen von Königer (19), wo ebenfalls durch Formaldehyd mit der Behinderung des Wachstums der Begleitbakterien eine Schädigung der Tuberkelbazillen und vollständiges Ausbleiben deutlicher Entwicklung und Kolonienbildung beobachtet wurde.

Tuberkelbazillenhaltiges Material in feuchtem wie in angetrocknetem Zustande ist schon seit den ersten Anfängen der Formaldehyddesinfektionsfrage den Versuchen ausgesetzt und dann durch Impfung auf Tiere auf Abtötung der Tuberkelbazillen untersucht worden.

Walter (33), Aronson (4) Moeller, Valagussa [nach Steinitz (31)], Bosc (5), Vaillard-Lémoine (32), Fairbanks (9) berichten von erfolgreicher Abtötung angetrockneten tuberkulösen Sputums in verschiedenen Formen, z. B. auch in Verreibung mit Sand.

Pfuhl (23) erklärt frisches und trocknes tuberkulöses Sputum auf Grund seiner Versuche für ziemlich leicht zu desinfizieren. Flügge (11) gibt in seiner grundlegenden Arbeit die Resultate der Neisserschen Versuche bezüglich frischen und angetrockneten Tuberkulosesputums an acht Versuchstieren als durchaus positiv an. Ebenfalls hatte Hefs (13) bei seinen im hiesigen Institut ausgeführten Untersuchungen durchaus günstige Erfolge bis auf ein Objekt, welches aufsergewöhnlich weit, im dritten Zimmer, aufgestellt war, wo auch Typhus nicht abgetötet wurde.

Steinitz (31) findet bei ausgedehnten Untersuchungen über Desinfektion des phthisischen Sputums in den Formaldehyddämpfen ein sehr wirksames Mittel. Allerdings versagt dasselbe nach seinen Erfahrungen gegenüber sehr dicken, blasig angetrockneten Sputumkrusten, da dieselben nicht genügend von

Feuchtigkeit, dem Träger der Formaldehydwirkung durchdrungen werden, was sich aber durch längeres Aufweichen wohl verbessern lasse. Er sagt u. a.: »In Betracht kommt dies nur gegenüber grob beschmutzten, deutlich sichtbaren Stellen. Dünn angetrocknete Massen, verwischte Reste an Gegenständen, tuberkelbazillenhaltiger Staub werden sicher desinfiziert und deshalb ist die Methode für Desinfektion von Phthisikerräumen sehr zu empfehlen.«

Neuerdings hatte ebenfalls Jörgensen ([18]) in einer sehr gründlichen Arbeit über Formaldehyddesinfektion von Uniformen u. dgl. bei tuberkelbazillenhaltigen Objekten sehr gute Erfolge. Bei 21 Objekten von mit Sputum infizierten getrockneten Tuchstücken und mit Sputum gemischter und dann getrockneter Erde ist in 19 Versuchen nur in einem Fall die Abtötung ausgeblieben, wo es sich um eine 4 mm dicke Erdschicht handelte.

Alle diese von den verschiedensten Seiten stammenden, auf Grund einwandfreier Versuchsanordnungen angestellten Untersuchungen liefern in durchaus übereinstimmender Weise für die Formaldehyddesinfektion bezüglich der Tuberkelbazillen günstige Resultate, soweit die Objekte entsprechend der uns längst bekannten Wirkungsweise der Formaldehyddämpfe von diesen erreicht bzw. durchdrungen werden konnten.

## Die Ammoniakbehandlung der Testobjekte.

Wie schon oben erwähnt, hat Roemer ([26]) an der Hand einiger Versuchsresultate die bisherigen Prüfungsmethoden bei Untersuchungen über Formaldehyddesinfektion einer Kritik unterzogen und die Forderung aufgestellt, die Testobjekte immer durch eine Ammoniakbehandlung vor der Einbringung auf Nährböden von dem ihnen anhaftenden Formaldehyd zu befreien. Sicher ist die Geltendmachung der Geppertschen Vorschrift, daſs bei Desinfektionsversuchen immer das Desinfiziens vollständig aus dem Objekt entfernt oder durch chemische Umsetzung unwirksam gemacht werden müsse, gerade bei dem so zäh anhaftenden Formaldehyd durchaus berechtigt. Tatsächlich ist auch die Berück-

sichtigung dieses Gesichtspunkts bei den Prüfungen der Formaldehyddesinfektion, wie Roemer selbst hervorhebt, durchaus nicht neu. Derselbe ist schon von zahlreichen — Schumburg (28) schreibt 1898: von den meisten, wenn auch längst nicht allen — Untersuchern in Betracht gezogen worden.

Schon Pottevin (24) wandte bei seinen Untersuchungen über die bakterizide Kraft des Formaldehyds zur Entfernung desselben eine Ammoniakwaschung der Objekte sowie einen Ammoniakzusatz zu den Nährböden an. Aronson (4), Rosenberg (27) und Fairbanks (9) haben bei ihren Versuchen regelmäfsig eine Abspülung der Testobjekte mit verdünntem Ammoniak vorgenommen. Bei den Flügge-Neifserschen (11) Untersuchungen wurde von einer solchen Nachbehandlung ausdrücklich nur abgesehen, weil von ihnen regelmäfsig in der von Flügge eingeführten Desodorisation durch eingeleitete Ammoniakdämpfe eine ausgiebige anderweitige Ammoniakeinwirkung veranlafst wurde. Da diese seither wohl allgemein gebräuchlich geworden ist, so arbeiten auch die meisten späteren Untersucher bis zu einem gewissen Grade wenigstens mit einer Ammoniaknachbehandlung der Objekte.

Hammerl und Kermauner (14) verglichen schon 1898 die Resultate mit und ohne Ammoniaknachbehandlung und fanden zwar einen Unterschied zugunsten der letzteren, doch erschien ihnen derselbe, da auch die Resultate nicht gleichmäfsig waren, zu gering, als dafs deshalb der Methode allgemeinere Bedeutung zukomme. Sie wiesen darauf hin, dafs auch in der Wirklichkeit den der Desinfektion unterworfenen Objekten der ihnen anhaftende und auf die Krankheitskeime fortgesetzt schädigend einwirkende Formaldehyd nicht genommen werde. Funck [nach Roemer (25) und Hefs (15)] unterzog die Frage ebenfalls einer Untersuchung und kam zu dem Schlusse, dafs eine Abspülung in genügenden Bouillonmengen der Ammoniakwaschung gleichwertig sei, und dafs letztere keinerlei Vorteile biete, was allerdings den Resultaten von Roemer widerspricht.

Direkt gegen die Ammoniakbehandlung sprach sich Schumburg (28) aus, da er sie auf Grund chemischer Untersuchungen

durchaus ungeeignet fand, den an den Objekten haftenden Formaldehyd zu entfernen. Er wies nach, dafs in einem Seidenfaden, Papier- oder Stoffstückchen, welches drei Stunden einer Formaldehydatmosphäre ausgesetzt gewesen war, noch nach Einwirkung konzentrierter Ammoniakdämpfe, nach Abspülung in Ammoniaklösung, ja nach 24stündigem Aufenthalt in 10% Ammoniak beträchtliche Formaldehydmengen enthalten waren. Auf Grund kultureller Versuche empfiehlt er zur Entfernung des anhaftenden, auch von ihm in hohem Grade als entwicklungshemmend erwiesenen Formaldehyd nur die Abspülung und Unterbringung in flüssigen Nährböden, speziell in flüssig gemachtem Agar.

So war es durchaus nicht immer Ungründlichkeit oder Bequemlichkeit, warum viele Untersucher eine Nachbehandlung mit Ammoniak unterliefsen, sondern es sprachen dabei Beobachtungen und Erwägungen verschiedenster Art mit. Jörgensen (18) wandte auch zur Desodorisation kein Ammoniak an, weil er befürchtete, dafs sich das gebildete Hexamethylentetramin wieder spalten und Formaldehyd wieder frei werden würde, auch wies er quantitativ nach, dafs der mit den Objekten in die Nährböden gebrachte Formaldehyd nicht genügen würde, um demselben entwicklungshemmende Eigenschaften zu geben. Auf ähnliche Gründe stützt Flick (10) seine Unterlassung der Ammoniakabspülung.

Betrachtet man nun diesen aus Praxis und Theorie abgeleiteten Erwägungen gegenüber die zwar wenig zahlreichen aber eklatanten Versuchsresultate Roemers, so besteht kein Zweifel, dafs die Gegensätze nur durch Nachprüfung und Vergleichung der Resultate mit und ohne Ammoniakbehandlung geklärt werden können.

Um einen Beitrag hierzu zu liefern, wurden die nachfolgend geschilderten Desinfektionsversuche vorgenommen, bei welchen gleichzeitig die Einwirkung auf Tuberkelbazillen geprüft werden sollte.

## Eigene Desinfektionsversuche.

### Versuchsräume.

Es kam uns darauf an, die vorzunehmenden Desinfektionen möglichst unter Benutzung und Nachahmung der praktischen Verhältnisse auszuführen. Nur zu einigen orientierenden Vorversuchen empfahl es sich, kleinere Raumverhältnisse zu wählen.

Ich benutzte hierzu:

1. Einen vollständig abgedichteten Abzug des chemischen Laboratoriums, welcher mittels einer herausnehmbaren und wieder durch Glaserkitt luftdicht einzusetzenden Glasscheibe das Hineinbringen und Herausnehmen der Testobjekte gestattete. Sein Rauminhalt betrug etwa 1 cbm. Die Wandungen bestanden gröfstenteils aus Glas, sonst aus lackiertem Holz, mit glasierten Platten belegter Mauer und einem Boden von Sandstein. Die Formaldehyd-, Wasser- und Ammoniakdämpfe wurden durch ein luftdicht eingepafstes, in der Nähe des Bodens mündendes Glasrohr aus einem daneben aufgestellten Glaskölbchen eingeleitet.

2. Ein Zimmer von 3,60 : 5,20 m Grundfläche und 3,85 m Höhe, mithin einen Rauminhalt von 72 cbm. Dasselbe besitzt ein grofses, gut schliefsendes Fenster, eine gut schliefsende Tür, enthält einige Möbelstücke und einen Gasofen mit Abzugsrohr. Der Fufsboden besteht aus lackierten Holzdielen mit unbedeutenden Fugen, die Wände sind mit Ölfarbe glatt gestrichen, die Decke ist weifs getüncht. Zur Abdichtung wurden die Fenster mit Papierstreifen verklebt, das Ofenrohr verstopft und mit doppeltem Packpapier überklebt, die Türöffnung mit Abdichtungsstreifen versehen, gegen welche — nach gründlicher Anfeuchtung derselben — die Tür durch oben und unten angebrachte Vorrichtungen fest angezogen werden konnte.

Es handelte sich also bei diesem Raum sowohl bezüglich der Gröfse und Abdichtung, als der Quantität und Qualität der Oberflächen um für die Desinfektion relativ günstige Verhältnisse.

3. Einen etwa 30 cbm grofsen als Tierstall für kleinere Versuchstiere dienenden Raum mit zwei Fenstern, deren eines — nicht ganz exakt schliefsend — nach aufsen, das andere nach dem

Nebenraume führt, sowie einer gut schliefsenden Tür. Wände und Decke sind mit Kalkfarbe gestrichen, der Holzfufsboden ist ursprünglich lackiert, aber stark abgenutzt, ohne bedeutendere Spalten. Der Raum war gefüllt mit einem gröfseren Tisch und darauf stehenden hohen Regal mit Gebrauchsgegenständen aller Art, mit Drahtkäfigen, hölzernen Tierbehältern mit Drahtgittertüren, einer grofsen, oben offenen Kiste für Kleintiere am Boden. Er war stark verschmutzt, enthielt viel Staub und Spinnweben, Futter- und Streureste, sowie reichlichen Tiermist in den Käfigen. Im Sommer war deutlicher Ammoniakgeruch bemerkbar. Die Abdichtung mufste sich auf Beseitigung gröfserer Fugen des schlecht schliefsenden Fensters beschränken.

Die Verhältnisse zählten deshalb wegen der mangelhaften Abdichtung sowohl, als der durch den vielgestaltigen Inhalt bedingten Oberflächenvermehrung, vor allem aber wegen der grofsen Mengen absorbierenden und selbst Ammoniak ausströmenden organischen Materials zu den ungünstigsten, die überhaupt jemals bei der Wohnungsdesinfektion, soweit es sich um geschlossene Räume handelt, vorkommen können.

## Testobjekte.

Bei der Wahl der der Desinfektion auszusetzenden Testobjekte verzichtete ich darauf, eine gröfsere Zahl verschiedener Mikroorganismen zu benutzen, weil dadurch die Untersuchung der uns interessierenden Fragen nur unnütz kompliziert würde, auch derartige Versuche schon zur Genüge vorliegen. Auch sah ich davon ab, Reinkulturen in Kulturröhrchen aufzustellen, wie es bei anderen, selbst neueren Versuchen geschehen ist, da unsere heutige Kenntnis der Formaldehydwirkung eine Abtötung derartiger Objekte von vornherein ausschliefst, und ähnliche Anhäufungen von pathogenem Material in der Praxis der Wohnungsdesinfektion nie vorkommen dürften.

Ich beschränkte mich deshalb auf dreierlei Objekte:

1. Milzbrandsporen als Vertreter der widerstandsfähigsten Dauerformen. Dieselben wurden aus einer mehrtägigen Agarkultur in üblicher Weise an Seidenfäden, in einigen Versuchen

auch an böhmische Granaten angetrocknet, einmal auch als Bouillonaufschwemmung verwendet.

2. Staphylococcus pyogenes aureus als Vertreter der für die pathogenen Keime am meisten in Betracht kommenden Wuchsformen, ebenfalls in Antrocknungen 24—48 stündiger mit Bouillon aufgeschwemmter Agarkulturen an Seidenfäden, Filtrierpapier und Granaten, sowie als Bouillonaufschwemmung in feuchtem Zustand.

Gerade der Staphylococcus pyog. aur. wird in der Literatur wiederholt als das geeignetste Testobjekt für Formaldehydwirkung bezeichnet, durch dessen Abtötung eine hinreichende Desinfektion gewährleistet sei. [Pfuhl (23), Funck nach Hefs (15)]. Bei den Untersuchungen von Flügge (11), nach Abba und Rondelli (2), besonders aber bei Desinfektionen von Eisenbahnwagen durch Reichenbach (25) zeigte sich der Staphylokokkus weit resistenter als Milzbrandsporen. So wurde z. B. nach Letzterem auf dem Boden eines Viehwagens eine mehrere Millimeter dicke Schicht Kuhkot, welchem Milzbrandsporen beigemengt waren, durch Desinfektion mit Formaldehyddämpfen abgetötet (sicher eine respektable Leistung!), während dicht daneben Staphylokokkenfäden lebensfähig blieben. Ja bei der Desinfektion eines Coupés zweiter Klasse mufste bei der gewaltigen Dosis von 80 g Formaldehyd pro cbm auf die Abtötung der Staphylokokkenobjekte zwischen den Polstern verzichtet werden, während dieselbe bei Milzbrandsporenfäden gelang!

Diese Beobachtungen stehen im Gegensatz zu denjenigen der meisten anderen Untersucher, da sich gewöhnlich die Abtötung der Staphylokokken durch Formaldehyddämpfe viel leichter erweist als diejenige der Milzbrandsporen, was ja auch der Resistenz beider gegen andere Faktoren entsprechen würde. Die Lösung des Rätsels findet sich in der weiteren Angabe von Flügge, dafs diese aufsergewöhnliche Resistenz sich im Unterschied gegen fünf andere Staphylokokkenstämme nur bei einem Stamme seiner Sammlung finde, der sich auch besonders widerstandsfähig gegen Sublimat und äufserst virulent bei Tier und Mensch erwiesen habe. Genauere Angaben hierüber

macht er nicht weiter. Und Reichenbach bemerkt bezüglich der Resistenz seiner Objekte gegen andere Abtötungsmittel, dafs seine Milzbrandsporen strömenden Dampf nur 2—3 Minuten, die Staphylokokken aber 5% Karbolsäurelösung 11 Minuten ausgehalten hätten, dafs es sich also um wenig resistente Milzbrandsporen und aufsergewöhnlich hochresistente Staphylokokken gehandelt hat. Dafs das auffallende Ergebnis seiner Untersuchungen auch in einem anderen Punkt seiner Prüfungsmethode begründet ist, wird später noch zu erwähnen sein.

Dafs die Resistenz derselben Bakterienart durchaus keine feststehende Gröfse ist, mit welcher man irgend eine Desinfektionswirkung auch nur einigermafsen ohne weitere Angaben charakterisieren kann, ist eine längst feststehende Tatsache. Dieselbe zeigt sich nach dem Stamm, den Züchtungsbedingungen, dem Alter der Kultur, dem Alter und Modus der Antrocknung, der Aufbewahrung und wohl noch vielen anderen Faktoren in ganz aufserordentlich weiten Grenzen verschieden. Bezüglich der Milzbrandsporen wird diese Tatsache bei ihrer verbreiteten Verwendung zu Desinfektionsversuchen aller Art praktisch wohl allgemein in Rechnung gezogen. Schon v. Esmarch (8) zeigte, dafs neben Milzbrandsporen, welche die von Koch in seinen grundlegenden Untersuchungen gefundenen Resistenzgrade — nämlich 2—3 Minuten gegen strömenden Dampf und etwa 2 Tage gegen 5% Karbolsäure — besafsen, auch solche vorkommen, welche bis zu 12 Minuten Dampf und bis 42 Tage 5% Karbolsäure aushalten. Auch bezüglich der Staphylokokken weist er auf ähnliche Verschiedenheiten der Resistenz gegen dasselbe Desinfektionsmittel hin, und dafs dieselben auch gerade bezüglich des Formaldehyds vorhanden sind, beweisen die obigen Angaben von Flügge und Reichenbach. Dafs unter diesen Umständen eine Vergleichung der Resultate von verschiedenen Desinfektionsversuchen mit verschiedenen Objekten — wenn auch derselben Bakterienart — nur dann Wert hat, wenn deren Resistenzgrad irgendwie näher gekennzeichnet ist, liegt auf der Hand. Die positiven Resultate des einen Versuchs können durch die gleiche Desinfektionswirkung der zu untersuchenden Methode bedingt sein, als die

negativen des anderen. Die gröfste Beachtung verdient deshalb die alte Forderung von Kroenig und Paul (20), dafs die Testobjekte in jedem Falle bezüglich ihrer Resistenz gegen andere bekanntere Abtötungsmittel (strömender Dampf, Karbol, Sublimat) am besten gegenüber mehreren geprüft werden, wenn dies auch als nicht unbedingt mafsgebend gegenüber dem zu untersuchenden Mittel anzusehen ist. Leider ist hierauf aber in der Literatur der Formaldehyddesinfektion nur ausnahmsweise Rücksicht genommen, da die häufiger zu findenden Angaben über Herstellungsweise und Alter der Testobjekte zur Beurteilung der Resistenz im allgemeinen nicht genügen. Daran, dafs so oft nur von Milzbrandsporen oder Staphylokokken schlechthin die Rede ist, liegt es zweifellos in sehr vielen Fällen, dafs sich so viele in direktem Widerspruch befindliche Versuchsresultate finden, bei denen der Grund in ganz anderen Faktoren gesucht wird.

Die von mir bei den vorliegenden Versuchen verwendeten Milzbrandsporenobjekte wurden bei jeder Neuanfertigung und auch sonst wiederholt auf ihre Resistenz gegen strömenden Dampf untersucht. Sie zeigten, von einer 7—9 tägigen Agarkultur aus älteren, im Institut aufbewahrten Sporenfäden gewonnen, eine das Durchschnittsmafs (3—5 Minuten) übersteigende, wenn auch nicht aufsergewöhnlich grofse Resistenz, indem sie erst nach 5—7 Minuten abgetötet wurden. Dieser Grad hielt sich bei entsprechender Aufbewahrung Wochen und Monate lang ungefähr auf gleicher Höhe. Bezüglich ihrer aufserordentlich grofsen Widerstandsfähigkeit gegen chemische Desinfizientien möchte ich noch hinzufügen, dafs die bei den letzten Versuchen benutzten Fäden (Resistenz gegen Dampf: 7 Minuten) durch 5% Karbolsäurelösung selbst nach einer Einwirkung von 70 Tagen keine deutliche Einschränkung ihrer Wachstumsfähigkeit erlitten hatten.

In einigen Versuchen nur (8. 9. 15.) waren versehentlich aus frischer Agarkultur bereitete Fäden, welche von Dampf schon nach $^1/_2$—$^3/_4$ Minuten abgetötet wurden, zur Verwendung gekommen, was sich auch in auffallender Weise an den Resultaten zeigte.

Auch bezüglich des von mir benutzten Staphylokokkenmaterials möchte ich zur Beurteilung der Resistenz, die ja nach obigen Ausführungen von grofser Wichtigkeit ist, einige genauere Angaben vorausschicken: Es kam ein aus Furunkeleiter stammender, etwa $^3/_4$ Jahr auf künstlichen Nährböden weiter gezüchteter Stamm von Staphylococcus pyogenes aureus zur Anwendung, von welchem 24—48 stündige, bei Brüttemperatur gewachsene Agarkulturen mit etwas Bouillon abgeschwemmt und bei Lufttemperatur oder meist im Brütschrank ohne Verwendung des Exsikkators angetrocknet wurden. Diese Objekte zeigten sich von strömendem Dampf schon in 15 Sekunden abgetötet, hatten frisch gegen 5 % Karbolsäure bei Zimmertemperatur eine Resistenz von 4—5 Minuten. Bei kühler und dunkler Aufbewahrung sank dieselbe in einer Woche auf etwa 3—4 Minuten, und während dieser Zeit wurden sie gewöhnlich angewandt. Auf dieser Höhe aber blieb die Resistenz einige Wochen, um dann langsam zu sinken. Noch nach 8 Monaten wuchsen die Objekte, wenn auch zögernd, auf Agar aus, wurden dann aber schon in $^1/_2$ Minute von 5 % Karbolsäure abgetötet.

Es gelang mir nur schwer, in der Literatur gleichmäfsige Angaben über die durchschnittliche Resistenz des Staphylococcus pyogenes aureus zu finden. Allein nach wiederholten Prüfungen auch gegenüber anderen Desinfizientien bin ich durch Vergleichung mit den von verschiedenen Autoren gelieferten Zahlen zu der Ansicht gekommen, dafs es sich bei dem unseren um ein widerstandsfähigeres, wenn auch nicht ausnahmsweise widerstandsfähiges Staphylokokkenmaterial handelte.

3. Tuberkelbazillenhaltiges Material. Mit Ausnahme eines Versuchs (Nr. 20), wo ich zur Vergleichung die Antrocknung einer Tuberkelbazillen-Reinkultur an Glasstückchen verwendete, wählte ich, um den Verhältnissen der Wirklichkeit möglichst nahe zu kommen, Phthisikersputum, dessen Gehalt an virulenten Tuberkelbazillen mikroskopisch und durch den Tierversuch festgestellt wurde. Dasselbe wurde teils frisch in Schalen oder auf Gegenständen in etwa einem Auswurfsballen

entsprechenden Quantitäten, oder in ähnlicher Dicke als Antrocknung an Holz, Leinwand, Papier und Glas den Versuchen ausgesetzt. Wie schon oben erwähnt, setzte ich auch einmal, um möglichst eklatante Infektionsresultate zu erzielen, dem Sputum noch reichliche Quantitäten einer für Meerschweinchen hochvirulenten Reinkultur zu, welche in der Reibschale gründlich mit demselben vermischt wurde.

Hierbei verursachten mir anfangs die praktisch besonders wichtigen Sputumantrocknungen unerwartete Schwierigkeiten, da dieselben sich wiederholt, obgleich sie mit einem nachgewiesen virulenten Sputum hergestellt waren, als nicht infektionsfähig erwiesen, so dafs mehrere Versuchsreihen wegen des negativen Ausfalls der Kontrollinfektionen aufser Betracht gelassen werden mufsten. Ich erklärte mir die Sache schliefslich damit, dafs in dem Sputum, dessen Antrocknung ich in möglichster Anlehnung an die Verhältnisse der Wirklichkeit bei Sommertemperatur an der Luft erreichen wollte, Zersetzung und Verflüssigung eingetreten war, wodurch einerseits der gröfste Teil des Materials von den Unterlagen heruntergeflossen, anderseits vielleicht die Tuberkelbazillen durch den Fäulnisvorgang geschädigt worden waren. Ein anderes Mal, wo ich die Objekte zur schnelleren Trocknung in den höher temperierten Wärmeschrank gestellt hatte, mag die versehentlich über 55° gestiegene Temperatur die Ursache gewesen sein. Später dagegen erhielt ich ausnahmslos infizierende Objekte dadurch, dafs ich flache, das Herabfliefsen nicht leicht gestattende Unterlagen, namentlich Glasplättchen mit dicken Sputummassen versah und im Exsikkator über Schwefelsäure bei Brüttemperatur einer Schnelltrocknung aussetzte. Es gelang auf diese Weise, ohne Schwierigkeiten im Laufe von 24—36 Stunden Sputumschichten, welche die Dicke eines auf einer Fläche sich ausbreitenden Auswurfballens hatten, also etwa 2—2½ mm, ohne Verlust auf der Unterlage zu fixieren und zu einem gewöhnlich ziemlich gleichmäfsigen Überzug anzutrocknen. Nur wenn ganz aufsergewöhnlich dicke, schleimig-eitrige Bällchen vorhanden oder versuchsweise mehrere Schichten übereinander angetrocknet

wurden, kam es zu blasigen Abhebungen der Krusten, welche begreiflicherweise einer Desinfektion der ganzen Schicht einen besonders grofsen Widerstand entgegensetzen (s. Steinitz [31]). Bei einem Versuch wurde das Sputum auch direkt in Tischhöhe auf die Wand und in einer Zimmerecke an den Fufsboden in dicker Schicht angetrocknet, wie es in Aufenthaltsräumen sehr unreinlicher Phthisiker vorzukommen pflegt.

**Entwicklung der Formaldehyd-, Wasser- und Ammoniakdämpfe.**

Die Entwicklung der Formaldehyd- und Wasserdämpfe geschah im allgemeinen nach der Breslauer Methode und bei den Zimmerversuchen auch mit dem im Zimmer aufgestellten Breslauer Apparat. Auch bei den Versuchen im Abzug wurde das Formaldehyd in gleicher Weise durch Erhitzen von verdünntem Formalin in einem Glaskölbchen erzeugt und durch ein Glasrohr eingeleitet. Nur wenn die höhere Flüggesche Dosis von 5,0 Formaldehyd pro cbm wesentlich überschritten werden sollte, liefs sich die Breslauer Methode nicht anwenden, da sonst, um den zur Vermeidung der Polymerisation notwendigen Verdünnungsgrad (v. Brunn) aufrechtzuerhalten, zu grofse Wassermassen hätten verdampft werden müssen. In diesen Fällen nahm ich deshalb den Scheringschen »kombinierten Aeskulap« bei dem die Wasserverdampfung von der Quantität der vergasten Pastillen unabhängig ist. Einmal benutzte ich auch zur Erzeugung gröfserer Formaldehydmengen den Autoklaven von Trillat, bei welchem die Dämpfe mit 3 Atmosphären Druck in den Raum geschleudert wurden.

In allen Fällen wurde auf vollständige Sättigung der Luft des Versuchsraumes mit Wasserdämpfen gesehen und dies auch bei den meisten Versuchen mit dem Haarhygrometer kontrolliert. Soweit dies nicht, wie bei der instruktionsgemäfsen Durchführung der Breslauer Methode, gleichzeitig mit der Formaldehydentwicklung geschah, wurde es durch besondere Wasserverdampfung bewirkt.

Auch die Einleitung von Ammoniakdämpfen zur Entfernung des Formaldehyds kam mit wenigen Ausnahmen, die

in den Tabellen ersichtlich sind, genau in der von Flügge angegebenen Weise zur Anwendung. Nach derselben blieb der Raum nach durchschnittlich $^3/_4$—1 Stunde, einmal auch über Nacht (ca. 15 Stunden) geschlossen, bevor die Testobjekte gesammelt wurden.

## Prüfungsmethoden.

Die Technik der Untersuchungen auf Lebensfähigkeit der in den Objekten enthaltenen Testbakterien wurde im Hinblick auf die von Roemer erhobene Kritik der seitherigen Prüfungsmethoden ganz besonders kultiviert und je nach den Erfahrungen bei den vorhergegangenen Versuchen wiederholt modifiziert. Besonders wurde zur Erledigung der vorliegenden Aufgabe einerseits eine direkte Übertragung der Objekte auf Nährböden ohne irgend eine auf Entfernung des Formaldehyds gerichtete Mafsnahme vorgenommen, anderseits dieselben Objekte, soweit es nicht durch alsbaldige Auskeimung zwecklos erschien, direkt oder nach vorherigem Aufenthalt in Bouillon einer Ammoniakbehandlung nach Roemer unterzogen, dann auf denselben Nährböden und unter denselben Bedingungen vergleichungsweise beobachtet. Auch diese Ammoniakbehandlung, zu welcher sterile Lösungen in der gewünschten Konzentration durch Einleiten von Ammoniakdämpfen in steriles Wasser hergestellt wurden, erfuhr in der aus den Tabellen ersichtlichen Weise verschiedene Modifikationen bezüglich Einwirkungsdauer und Temperatur.

Ein grofser Teil der Untersuchungen wurde ferner durch gleichzeitige Überimpfungen auf Agar und Bouillon vorgenommen. Da aber die Auskeimung entschieden häufiger auf Agar zu erfolgen pflegte, beschränkte ich mich schliefslich, trotzdem im allgemeinen bei solchen Untersuchungen feste Nährböden für ungeeignet gehalten werden, auf Grund dieser unbestreitbaren Tatsache mehr auf letzteres und kombinierte der Einfachheit halber bei der Untersuchung der Granaten beide Nährböden in der Art, dafs ich das Agarröhrchen zur Hälfte mit Bouillon füllte, eine Granate in dieser und eine zweite in einer kleinen mit der Öse gegrabenen Höhle des Agars unterbrachte.

Bald nach den ersten Untersuchungen stellte sich durch die Häufigkeit der Spätauskeimungen die Notwendigkeit heraus, eine Verlängerung der Beobachtungsdauer weit über das von den meisten Untersuchern angegebene Mafs vorzunehmen. Ich dehnte dieselbe bei den meisten Untersuchungen auf 30 Tage aus.

Während dieser Zeit wurden die Röhrchen bei Brüttemperatur gehalten, und bei jeder eintretenden zweifelhaften Veränderung die Natur derselben durch genaue Untersuchungen unter dem Mikroskop, öfters auch mit dem Tierversuch festgestellt. Sämtliche Prüfungen der tuberkelbazillenhaltigen Objekte nahm ich, da die Züchtungsmethode nach Spengler nicht in Betracht kommen konnte, durch den Tierversuch vor, wobei ich vorausschicken will, dafs von einer regelmäfsigen Ammoniakabspülung dieser Objekte nach einigen negativ verlaufenden Orientierungsversuchen abgesehen wurde, zumal eine störende Einwirkung der etwa an den Objekten haftenden Spuren von Formaldehyd im lebenden Tierkörper nicht wahrscheinlich erschien.

Von den frischen Sputa wurden kleinere, genau den Kontrollversuchen entsprechende Quantitäten den Meerschweinchen in die Bauchhöhle gespritzt, oder, wie in den meisten Fällen, unter die Bauchhaut gebracht, weil dadurch tödliche Nebeninfektionen leichter vermieden werden, auch der Verlauf der Erkrankung sich leichter von aufsen kontrollieren läfst. Die trockenen Objekte wurden ebenfalls, soweit das angängig war, in toto unter die Bauchhaut eingenäht. Bei Papier-, Leinwand- und besonders bei den meistens verwandten Glasobjekten, welche als 1 : 2 cm grofse Plättchen durch Abrundung der Ecken und Kanten hierzu vorbereitet waren, gelang es in sehr vielen Fällen, namentlich aber, wenn sich eine tuberkulöse Erkrankung nicht entwickelte, dieselben dauernd einzuheilen, so dafs sie bei der Sektion noch vorgefunden wurden. Wenn es aber zur Ausstofsung kam, so geschah dies gewöhnlich nicht vor 14 Tagen, so dafs inzwischen Gelegenheit zur Infektion genügend vorhanden gewesen war. War aber die Einbringung des ganzen Objekts nicht möglich, z. B. bei Antrocknungen an Holzbrettchen, an Fufsboden und

Wand, so wurden die Massen durch Bouillon aufgeweicht, steril abgeschabt und in Bouillonverreibung subkutan oder intraperitoneal eingespritzt.

Der Endbefund wurde in allen Fällen durch die Sektion erhoben und hierbei alle Organe besichtigt, einerlei ob die Tiere vollständig gesund erschienen, ob sie krank gewesen oder spontan verendet waren. Bei allen zweifelhaften Veränderungen wurden die betreffenden Teile eingehend mikroskopisch untersucht und der Nachweis von Tuberkelbazillen in Ausstrichen oder Schnitten zu erbringen gesucht. Durchschnittlich wurde die Tötung nicht vor Ende der 6. Woche vorgenommen. Verendeten Tiere vor dieser Zeit, so wurden auch bei makroskopisch negativem Befund Impfstelle und benachbarte Lymphdrüsen mikroskopisch auf Tuberkelbazillen untersucht und erst nach negativem Befund die Diagnose bezüglich der Tuberkulose auf negativ gestellt. Vor vollendeter zweiter Woche aber wurden derartige Resultate immer als zweifelhaft angesehen und aufser Betracht gelassen.

Selbstverständlich kamen in allen Fällen, sowohl bei den Kultur- als bei den Tierversuchen mit den gleichen Objekten Kontrollimpfungen unter denselben Bedingungen zur Ausführung und nur diejenigen Reihen, bei welchen dieselben einwandsfrei ausgefallen waren, kamen zur Verwertung unter den Versuchsresultaten. Dafs uns hierdurch eine Zahl von Versuchen über Tuberkelbazillenabtötung verloren ging, ist schon oben erwähnt worden.

## I. Versuche im Abzug.

Da bei einem kleinen Raum das Verhältnis der Wandungsoberfläche zum Rauminhalt und somit auch zu der hiernach berechneten Formaldehydmenge ein gröfseres ist und die in einen Raum eingeführten Formaldehydmengen sich in Kürze zum gröfsten Teil auf die Oberflächen niederschlagen [v. Brunn ([6]) Peerenboom ([22])], so mufste bei diesen Versuchen ein verhältnismäfsig gröfseres Formaldehydquantum zur Erzielung desselben Effekts in Rechnung gezogen werden. Tatsächlich war

auch die bei der Einleitung der Ammoniakdämpfe auftretende Nebelbildung im Verhältnis zu den Zimmerversuchen auffallend gering, obgleich ein Entweichen des Formaldehyds durch Undichtigkeiten hier so gut wie ausgeschlossen war, was ja auch aus der guten Desinfektionswirkung zu schliefsen ist. Es müssen also am Ende der Versuche in der Luft nur noch Spuren von Formaldehyd vorhanden sein.

(VI.) 11. VII. 03. **Versuch 1.***)

Abzug. 1 cbm. 12,0 Formaldehyd. Versuchsdauer verschieden. Frisches Tb.-Sputum in Schalen (2 mm hoch). Temp. 20°.

| Dauer 3 Stunden<br>Intraperitoneale Einspritzung nach 18 Stunden | Dauer 3 Stunden | Dauer 2 Stunden |
|---|---|---|
| | dann Einwirkung von $NH_3$-Dämpfen durch in den Deckel der Schale auf Fliefspapier getraufeltes Ammoniak während 18 Stunden, dann Einspritzung ip. | |
| $M_1$: † nach 6 Stunden an Peritonitis. | $M_3$: nach 13 Wochen = 0. | $M_5$: † nach 2 Wochen an Pfeifferscher Pseudotuberkulose. |
| $M_2$: † nach 6 Stunden an Peritonitis. | $M_4$: nach 13 Wochen = 0. | $M_6$: nach 13 Wochen = 0. |

**Kontrolle**: 2 M: nach 12 und 13 Wochen = ×××.

Auch in gröfseren Räumen gelingt es also, allerdings hier unter Verwendung ziemlich bedeutender Formaldehydmengen, die Tuberkelbazillen eines frischen Sputums in Auswurfsdicke (2 mm) abzutöten.

Der akute Tod der beiden Meerschweinchen, welchen das nicht mit $NH_3$ nachbehandelte Sputum eingespritzt wurde, liefs sich durch Untersuchung auf eine bazilläre Infektion nicht aufklären. Auch durch Überimpfung des Bauchhöhleninhalts auf andere Meerschweinchen wurde eine Erkrankung derselben nicht

*) **Bedeutung der Abkürzungen in den Tabellen:**

| | |
|---|---|
| 0 = keine Entwicklung, | Mbr. = Milzbrand, |
| × = spärliches Wachstum, | Stk. = Staphylococc. pyog aur., |
| ×× = mäfsig reichliches Wachstum, | Tb. = Tuberkulose, |
| ××× = sehr reichliches Wachstum, | M. = Meerschweinchen, |
| (die beigefügte Zahl bezeichnet den Tag der Auskeimung), | sct. = subkutan, |
| | ip. = intraperitoneal. |

hervorgerufen. Ich glaube, dafs derselbe durch die Giftwirkung des in das Sputum aufgenommenen Formaldehyds zu erklären ist. Es wurden bei starker Formaldehydkonzentration verhältnismäfsig grofse Sputummengen, ca. $^1/_2$ — $^3/_4$ ccm, eingespritzt, und die tödliche Dosis beträgt nach Roemer ([26]) für ein Meerschweinchen von 250 g bei intraperitonealer Applikation 0,005 — 0,02 Formaldehyd. Bei den anderen beiden Sputa war das Formaldehyd in Hexamethylentetramin umgesetzt worden; dabei hatten sich diese wieder verflüssigt, während das erste zähflockig und hart geblieben war.

(VIII.) 17. VII. 03. **Versuch 2.**

Abzug. 1 cbm. 5,0 Formaldehyd. 3 $^1/_2$ Stunden. $NH_3$-Verdampfung.
Drei Schalen mit Flüssigkeit ca. 1—2 mm hoch. Temp. 20—24°.

| Bouillon mit Mbr.-Sporen 6 Tage alt | Bouillon mit Stk. p. aur. 4 Tage alt | Frisch. Tb.-Sputum |
|---|---|---|
| Impfung auf 3 Agar- und 3 Bouillon-Röhrchen: Spärliches Wachstum in 2 Agarröhrchen. Die übrigen sind nach 30 Tagen noch steril. | Impfung auf 3 Agar- u. 3 Bouillon-Röhrchen: Steril nach 30 Tagen. | Ausstrich auf Hesse-Agar u. Lungensaft-Glyzerin-Agar: Bleibt steril. |
| Kontrolle: Kräftiges Wachstum auf Agar und Bouillon nach 24 Stunden. | Kontrolle: Kräftig. Wachstum auf Agar u. Bouillon nach 24 Stunden | Kontrolle: Zahlreiche Kolonien auf L.-Agar. Spärliche auf Hesse-Agar. |
| | | Tierversuch: 2 M. sct.: Nach 13 Wochen = 0. Kontrolle: 2 M. sct.: N. 12 und 13 Wochen = ×××. |

In der Flüssigkeitsschicht sind durch Formaldehyddämpfe in der Konzentration der Wohnungsdesinfektion Milzbrandsporen nur teilweise vernichtet (teilweise, weil in 2 unter 6 Röhrchen ein ganz spärliches Wachstum an einem Teil der Agaroberfläche eintrat), Staphylokokken abgetötet, ebenso Tuberkelbazillen und Begleitbakterien im Sputum abgetötet.

(XIII.) 14. VIII. 03. **Versuch 3.**

Abzug. 1 cbm. 7,0 Formaldehyd. $3^1/_2$ St. mit $NH_3$-Verdampf. Temp. 21—23°.

| Wachstum nach Tagen: | Direkt auf | | | | | | | | | | Nach 4 Tagen in Bouillon, Abspülung in 0,75% $NH_3$ und auf frische Bouillon | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Agar | | | | | Bouillon | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden (Kontrolle) | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | | — | — |

| | |
|---|---|
| Frisch. Tb.-Sputum | 2 Meerschweinchen subkutan infiziert: 1. Nach 6 Wochen † (Pneumonie) = 0 Tb. 2. Nach 13 Wochen = 0. |
| Frisch. Tb.-Sputum (Kontrolle) | Subkutan auf 2 Meerschweinchen: 1. Nach 13 Wochen = ××. 2. Nach 13 Wochen ××× |
| Tb. Sputum-Antrocknung | Subkutan auf 2 Meerschweinchen: 1. Nach 13 Wochen = 0. 2. Nach 13 Wochen = 0. |
| Tb. Sputum-Antrockn. (Kontrolle) | Subkutan auf 2 Meerschweinchen: 1. Nach 5 Wochen † = ×××. 2. Nach 13 Wochen = ×××. |

(XII.) 13. VIII. 03. **Versuch 4.**

Abzug. 1 cbm. 3,5 Formaldehyd. 7 St., dann $NH_3$-Verdampf. Temp. 21—23°.

| Wachstum nach Tagen: | Direkt auf | | | | | | | | | | Nach 4 Tagen in Bouillon, Abspülung in 0,75% $NH_3$ (15 Min.) u. auf frische Bouillon | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Agar | | | | | Bouillon | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden (Kontrolle) | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

| | |
|---|---|
| Frisch. Tb.-Sputum | Auf 2 Meerschweinchen subkutan verimpft: 1. Nach 8 Wochen 0. 2. Nach 8 Wochen 0. |
| Frisch. Tb.-Sputum (Kontrolle) | Subkutan auf 2 Meerschweinchen: 1. Nach 8 Wochen ×××. 2. Nach 8 Wochen ×××. |
| Tb. Sputum-Antrocknung | Bei 2 Meerschweinchen subkutan eingenäht: 1. Nach 8 Wochen 0. 2. Nach 8 Wochen 0. |
| Tb. Sputum-Antrockn. (Kontrolle) | Subkutan auf 2 Meerschweinchen: 1. † nach 5 Wochen = ×××. 2. Nach 13 Wochen = ×××. |

Starke und geringe Formaldehyddosis. Milzbrandsporen höherer Resistenz (6—7 Min. Dampf) ohne Wachstum, auch nach $NH_3$-Behandlung. Abtötung der Tuberkelbazillen in trocknem sowie in feuchtem Sputum.

**Versuche 5, 6 und 7** (siehe S. 333).

Vergleichung der Resultate bei mittleren und niedrigen Formaldehydquantitäten 1. ohne jede $NH_3$-Einwirkung, 2. mit $NH_3$-Verdampfung, 3. mit $NH_3$-Verdampfung und $NH_3$-Abspülung. Nur in einem Falle Auskeimung eines Milzbrandfadens nach doppelter $NH_3$-Behandlung am 9. Tage ohne Auskeimung des Parallelobjekts in Bouillon. Sonst keine Résultatveränderungen durch $NH_3$.

Frische Tb.-Sputa abgetötet.

(Mbr.-Resistenz 6 Min. Dampf. Stk. in 6 frisch bereitet, in 5 und 7 mehrere Tage alt.)

Versuch **5** ist wichtig als einziger Fall einer Resultatveränderung durch $NH_3$ bei sonst guter Desinfektionswirkung.

**Versuch 8 und 9** (siehe S. 334 und 335).

Wiederholung der Verhältnisse von Vers. 7 aber bei niedriger Temperatur und mit anderen Objekten. Das auffallende Resultat: Anscheinend Abtötung der Milzbrandsporen und Auskeimung der Staphylokokken erklärt sich wahrscheinlich durch 1. geringe Desinfektionswirkung wegen niedriger Temperatur, 2. verhältnismäfsig hohe Resistenz der frisch bereiteten Staphylokokkenobjekte, 3. auffallend geringe Resistenz der Milzbrandsporenfäden (Abtötung in Dampf bei $^1/_2$ bis $^3/_4$ Min.). — Bemerkenswert ist die Spätauskeimung der Milzbrandfäden nach $NH_3$-Behandlung fast in allen Fällen gegenüber dem Sterilbleiben der nicht behandelten Fäden, ferner das ungleichmäfsige Verhalten der Staphylokokken auf den verschiedenen Nährböden und der Mangel einer Auskeimung derselben nach $NH_3$-Behandlung, nachdem eine solche ohne die Behandlung mit $NH_3$ auftrat.

(Fortsetzung des Textes auf S. 337.)

**Versuch 5, 6 und 7.**

(III.) 27. VI. 03. **5.** Abzug. 1 cbm. 5,0 Formaldehyd. 7 Stunden. Temp. 20°.

| Wachstum nach Tagen; | Ohne jede $NH_3$-Einwirkung | | | | | | | | | | Nach $NH_3$-Verdampfung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Agar | | | | | Bouillon | | | | | Agar | | | | | Bouillon | | | | | und 15 Min. Abspülung in 1% $NH_3$ Agar | | | | | Bouillon | | | | |
| | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr. sp. S. F. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ××₀ | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stk. Papier | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (Kontrolle) | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(IV.) 3. VII. 03. **6.** Abzug. 1 cbm. 5,0 Formaldehyd. 7 Stunden. Temp. 20°.

| Wachstum nach Tagen; | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mbr. sp. S. F. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stk. Papier | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Frisch Tb. sput. (Kontrolle): Intraperitoneal auf ein Meerschweinchen: nach 13 Wochen: 0.
Ip. auf ein Meerschweinchen = † nach 24 Stunden Peritonitis. Sct. a. 1 M.: nach 9 Wochen: = ×××.

(V.) 10. VII. 03. **7.** Abzug. 1 cbm. 3,5 Formaldehyd. 7 Stunden. Temp. 20—22°.

| Wachstum nach Tagen; | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mbr. sp. S. F. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stk. Seid. F. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| (Kontrolle) | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tb. Sput. XI. frisch (Kontrolle): Intraperitoneal auf zwei Meerschweinchen: 1. nach 13 Wochen = 0, 2. nach 13 Wochen = 0.
Intraperitoneal auf zwei Meerschweinchen: 1. † acut Peritonitis, 2. nach 4 Wochen = ×××, 3. subkutan: nach 12 Wochen ×××.

(XIV.) 17. X. 03. **Versuch 8.**

Abzug. 1 cbm. 3,5 Formaldehyd. 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 10°.

I = offene Schale, II = halbgeschlossene Schale.

| | Direkt auf | | | | | | | | | | Nach 4 Tagen in Bouillon in 0,75% Ammoniak 15 Min. | | | | | Abspülung während 24 Stunden | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Agar | | | | | Bouillon | | | | | (Agar) | | | | | | | | | |
| Wachstum n. Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr- sp. Seid. Fäden I | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | × (29) |
| Mbr- sp. Seid. Fäden II | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | ××× (16) | — | — | 0 | × (12) | ××× |
| do. (Kontrolle) | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | × | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | |
| Stk. pap. I | 0 | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | 0 | ×× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Stk. pap. II | 0 | × | ××× | ××× | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 |
| do. (Kontrolle) | × | ×× | ××× | ××× | ××× | × | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | | | | | |
| Tb. Sput. Antrocknung I | Sct. auf 1 M.: nach 7 Wochen = 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | » » 1 » » 7 » = 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tb. Sput. Antrocknung II | » » 1 » » 7 » = 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | » » 1 » » 7 » = 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| do. (Kontrolle) | Sct. a. 1 M.: nach 7 Wochen = ××× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tb. Sput. frisch | Sct. auf 1 M.; nach 7 Wochen = 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | » » 1 » » 7 » = 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| do. (Kontrolle) | Sct. auf 1 M.: nach 6 Wochen = ××× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(XV.) 20. X. 03.

**Versuch 9.**

**Abzug. 1 cbm. 3,5 Formaldehyd. 7 Stunden mit $NH_3$-Verdampfung. Temp. 10°.**

**Schale I = offen, Schale II = halbverdeckt.**

| | Direkt auf | | | | | | | | | | Nach 2 Tagen in Bouillon Abspülung in $^3/_4$% $NH_3$ | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Agar | | | | | Bouillon | | | | | während $^1/_4$ Stunde, dann auf Agar | | | | | 24 Stunden, dann auf Agar | | | | |
| Wachstum n. Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr. Seid. Fäden Schale I | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | ×× (13) | — | 0 | 0 | 0 | ×× (16) |
| Mbr. Seid. Fäden Schale II | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | ×× (20) | — | 0 | 0 | 0 | ×× (16) |
| Mbr. S. F. (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Stk. papier I | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ×× | ××× | ××× | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stk. papier II | 0 | 0 | ×× | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stk. (Kontrolle) | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| b. Sput. trocknung I | Subkutan auf ein Meerschweinchen: nach 7 Wochen 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| b. Sput. trocknung II | desgl. » 7 » 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tb. Sput. Antrocknung (Kontrolle) | Subkutan auf ein Meerschweinchen: nach 7 Wochen ×× | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(XVII.) 5. XI. 03.

**Versuch 10.**

Abzug. 1 cbm. 5,0 Formaldehyd. 4 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 12,5°.

I. Schale offen, II. Schale mit Filtrierpapier bedeckt.

| | Direkt auf | | | | | | | | Abspülung in ca. 0,75 % $NH_3$ | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Agar | | | | Bouillon | | | | ¼ Stunde dann Agar | | | | 24 Stunden dann Agar | | | | |
| Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 6 | 30 | 1 | 2 | 6 | 30 | 1 | 2 | 6 | 30 | 1 | 2 | 6 | 30 | |
| Mbr.-Seidenfäden I. Schale | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 × | am 32. Tag. |
| Mbr.-Seidenfäden II. Schale | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ××× | am 21. Tag. |
| Mbr.-S.-F. (Kontrolle) . . . . | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Stk.-Papier I. Schale | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Stk.-Papier II. Schale | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Stk.-Papier (Kontrolle) . . | × | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |

| | |
|---|---|
| Tb.-Sput.-Antrocknung XII, I. Schale | Auf 1 Meerschwein subkutan: Nach 5 Wochen 0. |
| Tb.-Sput.-Antrocknung XII, II. Schale | Desgl. „ „ „ 0. |
| Tb.-Sput. XII. Antrocknung (Kontrolle) | Subkutan auf 3 Meerschweinchen: 1. Nach 8 Wochen ×××. 2. Nach 8 Wochen ×××. 3. Nach 7½ Wochen ×××. |
| Andere Tb.-Sput.-Antrocknung XIII, I. Schale | Auf 1 Meerschwein subkutan: Nach 5 Wochen 0. |
| Andere Tb.-Sput.-Antrocknung XIII, II. Schale | Desgl. „ „ „ „. |
| Tb.-Sput. XIII. Antrocknung (Kontrolle) | Subkutan auf 2 Meerschweinchen: 1. Nach 7 Wochen ×××. 2. † nach 4 Wochen = ×× |

Die Spätauskeimungen des Milzbrands zeigten sich übrigens in keiner Weise abgeschwächt, sondern waren auffallend virulent und wuchsen sehr kräftig.

Ein gleichmäfsiger Unterschied in der Wirkung einer kürzer oder länger einwirkenden $NH_3$-Behandlung zeigte sich nicht.

**Versuch 10** (siehe S. 336).

Derselbe Versuch mit stärkerer Formaldehyddosis und kürzerer Dauer, mit Milzbrandobjekten der gewöhnlichen Resistenz (5 Min. Dampf) und hochresistenten noch frischbereiteten Staphylokokken.

Die Staphylokokken werden jetzt abgetötet, bei Milzbrand stellt sich nach langdauernder $NH_3$-Spülung wieder sehr späte Auskeimung ein.

Die tuberkulösen Sputa erweisen sich trocken und feucht hier wie bei den letzten beiden sonst verhältnismäfsig ungünstigen Versuchen in allen Fällen als abgetötet.

## II. Versuche im Zimmer.

### a) Bei Sommertemperatur.

Die Formaldehyderzeugung geschah durch den Breslauer Apparat, genau nach den Vorschriften von Flügge.

Die Objekte wurden in Schalen frei in verschiedenen Höhen, in einer halb aufgezogenen etwa 40 cm tiefen Schublade, sowie bei Versuch 13 und 14 unter einem dick zusammengelegten Arbeitsrock am Boden, in Fliefspapierumhüllung frei und in den Taschen eines mitten im Zimmer hängenden Leinwandrocks untergebracht.

Nach Versuch 11 und 12 erwies sich nachträglich das verwendete Formalin als nicht vollwertig, da es nur 35% Formaldehyd enthielt. Es waren deshalb bei diesen Versuchen nur 2,1 anstatt 2,5 Formaldehyd pro cbm verdampft worden. Bei den späteren Versuchen wurde der Fehler durch andere Berechnung der Apparatfüllung ausgeglichen. Als Objekte wurden ziemlich resistente Milzbrandsporen (6 Min. Dampf) und frisch bereitete Staphylokokken-Antrocknungen verwendet.

(I.) 13. VI. 03. **Versuch 11.**

Zimmer. 72 cbm. (2,5) ca. 2,1 Formaldehyd pro cbm. 7 Stunden. Ohne $NH_3$-Verdampfung. Temp. 20°.

| | | | Direkt auf Agar | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 4 | 6 | 9 | 12 |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden | Schale I. | Wand, 3 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » II. | 2¼ m hoch . . | 0 | 0 | 0 | 0 | × | ××× |
| | » III. | Tisch . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | × | ××× |
| | » IV. | Boden . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | ×× | ××× |
| | » V. | Schublade vorn . | 0 | 0 | 0 | ×× | ××× | ××× |
| | » VI. | Schublade hinten | 0 | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× |
| | » VII. | frei, 2 m hoch . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ××× |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden (Kontrolle) | | | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× |
| Staph. p. aur.-Papier | Schale I. | Wand, 3 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » II. | 2¼ m hoch . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » III. | Tisch . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » IV. | Boden . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » V. | Schublade vorn . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » VI. | Schublade hinten | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » VII. | frei, 2 m hoch . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Staph. p. aur.-Papier (Kontrolle) . | | | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× |

**Versuch 12** (siehe S. 339).

Bei diesen schwachen Konzentrationen war die Wirkung auf Milzbrandsporen eine ungenügende. Bemerkenswert ist auch in Versuch 11 — ohne $NH_3$-Einwirkung — eine verhältnismäfsig späte Auskeimung vom neunten Tage an. Staphylokokken sind in beiden Versuchen abgetötet. Ein Einflufs der $NH_3$-Behandlung ist in 12 nicht bemerkbar.

**Versuch 13** (siehe S. 340).

Bei der höheren Konzentration von 2,5 pro cbm beschränkte sich die Auskeimung der Milzbrandsporen auf geschützter untergebrachter Objekte (Schublade und unter dem zusammengelegten Rock). In der Rocktasche kommt dagegen schon Abtötung zustande. Staphylokokken und Sputumantrocknungen werden überall desinfiziert. Die $NH_3$-Behandlung bedingt keine Änderung der Resultate.

(II.) 16. VI. 03.

**Versuch 12.**

Zimmer. 72 cbm. (2,5) ca. 2,1 Formaldehyd pro cbm. 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 20°.

| | Direkt auf | | | | | | | | Abspülung in 0,75 % $NH_3$-Lösung während 15 Minuten, dann auf | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Agar | | | | Bouillon | | | | Agar | | | | Bouillon | | | |
| Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 4 | 6 | 1 | 2 | 4 | 6 | 1 | 2 | 4 | 6 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| Mbr.-Sporenseidenfäden: Schale II 2 1/4 m hoch | 0 | 0 | 0 | XX | — | — | — | — | 0 | 0 | XX | XXX | — | — | — | — |
| Mbr.-Sporenseidenfäden: Schale IV auf Boden | 0 | 0 | XX | XXX | — | — | — | — | 0 | 0 | XX | XXX | — | — | — | — |
| Mbr.-Sporenseidenfäden: Schale V Schublade vorn | 0 | 0 | X | XXX | — | — | — | — | 0 | 0 | XXX | XXX | — | — | — | — |
| Mbr.-Sporenseidenfäden: Schale VI Schublade hinten | 0 | X | XXX | XXX | — | — | — | — | 0 | X | XXX | XXX | — | — | — | — |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden (Kontrolle) | XXX | XXX | XXX | XXX | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Staph. p. aur.-Papier: Schale II 2 1/4 m hoch | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Staph. p. aur.-Papier: Schale IV auf Boden | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Staph. p. aur.-Papier: Schale V Schublade vorn | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Staph. p. aur.-Papier: Schale VI Schublade hinten | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stk.-Papier (Kontrolle) . . . | — | — | — | — | XX | XXX | XXX | XXX | — | — | — | — | — | — | — | — |

(VII.) 17. VII. 03.

**Versuch 13.**

Zimmer. 72 cbm. 2,5 Formaldehyd pro cbm. 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 20—22°.

| | | Direkt auf | | | | | | | | | | Nach Abspülen in 0,75% $NH_3$ (15 Min.) auf Agar | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Agar | | | | | Bouillon | | | | | | | | | |
| | Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr.-Sporen-Seidenfäden | I. 3 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | II. In Tischhöhe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | III. Unter ein. zusammgelegt. Rock | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× |
| | IV. In Schublade hinten | 0 | × | ×× | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | × | ××× | ××× | ××× |
| | V. In Fliefspapier frei hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VI. In Fliefspapier in Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VII In Fliefspapier am Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mbr.-Sp.-S.-F. (Kontrolle) | | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — |
| Staphyl. p. aur.-Seidenfäden | I. 3 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | II. Tischhöhe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | III. Unter zusammengelegtem Rock | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | IV. In Schublade hinten | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | V. In Fliefspapier frei hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VI. In Fliefspapier in Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VII. In Fliefspapier am Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Staph.-S.-Fäden (Kontrolle) | | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — |
| Tb.-Sput.-Antrockn. an Glas | II. In Tischhöhe | Subkutan auf ein Meerschweinchen: nach 12 Wochen 0 | | | | | | | | | | | | | | |
| | IV. In Schublade hinten | desgl. » 13 » 0 | | | | | | | | | | | | | | |
| | V. In Fliefspapier in Rocktasche | desgl. » 13 » 0 | | | | | | | | | | | | | | |
| | VI. In Fliefspapier am Boden | desgl. » 13 » 0 | | | | | | | | | | | | | | |
| Tb. Sput. Antrocknung an Glas | | **Subkutan auf ein Meerschweinchen: nach 11 Wochen** ××× | | | | | | | | | | | | | | |

(IX.) 18. VII. 03. **Versuch 14.**

**Zimmer. 72 cbm. 5,0 Formaldehyd pro cbm. 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 20°.**

| | | Direkt auf | | | | | | | | Abspülung in 0,75% $NH_3$ 15 Minuten lang und Einlegung auf Agar | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Agar | | | | Bouillon | | | | | | | |
| | Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 6 | 30 | 1 | 2 | 6 | 30 | 1 | 2 | 6 | 30 |
| Mbr.-Sporen-seiden-fäden | Schale II frei auf Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » III unter zusammengelegtem Rock | 0 | ×× | ××× | ××× | × | ×× | ××× | ××× | 0 | ×× | ××× | ××× |
| | » IV hinten in offener Schublade | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Objekt VI in Fliefspapier in einer Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » VII in Fliefspapier am Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mbr.-Sporen-Seidenfäden (Kontrolle) | | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — |
| Staph. p. aur.-Papiere u.-Seiden-fäden | Schale II frei auf Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » III unter zusammengelegtem Rock | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » IV hinten in offener Schublade | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Objekt VI in Fliefspapier in einer Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | » VII in Fliefspapier am Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Staph. p. aur.-Papiere | | ×× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — |
| Tb.-Sput.-Antrockn. an Glas | Schale II frei auf Tisch | Subkutan auf 1 Meerschweinchen: Nach 13 Wochen 0. | | | | | | | | | | | |
| | Objekt VI in Fliefspapier in einer Rocktasche | Desgl. » 13 » 0. | | | | | | | | | | | |
| | » VII in Fliefspapier am Boden | Desgl. » 13 » 0. | | | | | | | | | | | |
| Tb.-Sput.-Antrocknung auf Glas | | Subkutan auf 1 Meerschweinchen: Nach 11 Wochen ×××. | | | | | | | | | | | |

**Versuch 14** (siehe S. 341).

Bei der stärkeren Formaldehydmenge der Flüggeschen Vorschrift und Verdoppelung der hierfür vorgeschriebenen Zeit ist vollständige Abtötung eingetreten bis auf die Milzbrandsporen unter dem dick zusammengelegten Rock, zu deren Abtötung schon eine bedeutende Tiefenwirkung gehören würde, die der Formaldehyd bekanntlich nicht besitzt. Immerhin sind Staphylokokken auch an diesem Platz abgetötet, sowie Milzbrand, Staphylokokken und Sputumantrocknung in der Tasche des allerdings nur dünnen Arbeitsrocks.

Eine Änderung der Resultate wurde durch die $NH_3$-Behandlung auch hier nicht erreicht.

Der Gesamteindruck dieser Versuche bei Sommertemperatur war ein sehr günstiger. Eine Durchnässung der Gegenstände fand so gut wie gar nicht statt. Der recht intensive Formaldehydgeruch wurde durch die Ammoniakverdampfung sehr gut gebunden. Nach guter Durchlüftung des mit dickem Nebel gefüllten Zimmers war er bald verschwunden, so dafs das Zimmer wieder hätte benutzt werden können.

b) Bei Wintertemperatur.

In den nachfolgenden drei Versuchen, welche eine Wiederholung der soeben geschilderten, aber bei der Temperatur der Wintermonate darstellten, wurde wiederum die Breslauer Methode genau nach ihren Tabellen angewandt. Bei Versuch 18 wählte ich dagegen, wie schon oben erwähnt, zur Erzeugung gröfserer Formaldehydmengen den »kombinierten Äskulap« von Schering. Auch die Objekte wurden in ähnlicher Weise aufgestellt, wie es bei den obigen Versuchen angegeben wurde. Bei 16, 17 und 18 kam noch eine Schale mit Testobjekten unter der Platte eines gröfseren Tisches zur Aufstellung, in 16 wurde ferner zur Prüfung der Tiefenwirkung eine Schale auf dem Tisch mit einer 1 cm dicken Schicht roher Watte überdeckt, sowie neben dem leinenen Arbeitsrock noch ein gewöhnliches Herrenjakett zur Unterbringung von in Fliefspapier eingeschlagenen Objekten in seiner Tasche aufgehängt.

Die Anordnung der Sputumobjekte soll bei den einzelnen Versuchen erwähnt werden.

Das ganze Bild des Desinfektionsvorgangs war infolge der niedrigeren Temperatur ein durchaus anderes als im Sommer. In erster Linie trat bei Verwendung derselben Wassermengen zur Verdampfung eine ganz bedeutende Durchnässung der Wände und des Fufsbodens, aber auch aller sonstiger Oberflächen in Erscheinung. Man hatte unmittelbar den Eindruck, als ob infolge dieser überall vorhandenen flüssigen Wassermengen, deren Absorptionskraft für den Formaldehyd ja feststeht, eine gleichmäfsige Verteilung des Gases im Raume, vor allem aber durch die auf jeder Oberfläche vorhandenen Schicht feinster Tröpfchen eine Tiefenwirkung wesentlich erschwert bzw. verhindert sei.

Eine bei Versuch 16—18 versuchte Vorwärmung durch den im Zimmer vorhandenen Gasofen, der aber während des Versuchs wegen Abdichtung des Abzugsrohrs aufser Betrieb gesetzt werden mufste, sowie die während des Versuchs in Gang bleibende Einwirkung eines kleinen Petroleumofens vermochten nicht, eine grofse Änderung der Temperaturverhältnisse, vor allem keine genügende Erwärmung der Wände bei niedriger Aufsentemperatur hervorzurufen.

Bezüglich der Prüfungsmethoden ist noch zu erwähnen, dafs in Versuch 15 (wie bei 8, 9 und 10) zur Vergleichung eine Ammoniakbehandlung kürzerer Dauer (15 Minuten) neben einer solchen von 24 Stunden vorgenommen wurde, dafs dagegen in 16, 17 und 18 nur eine 24stündige aber bei Brüttemperatur in Anwendung kam. Aufserdem wurden bei 17 und 18 neben den Antrocknungen an Seidenfäden und Papier solche an böhmischen Granaten ausgesetzt und ohne und mit Ammoniakbehandlung auf Bouillonagarröhrchen (s. o.) übertragen.

In den Testobjekten waren bei Versuch 16, 17 und 18 die Milzbrandsporen hochresistent (7 Minuten Dampf), die Staphylokokken wenige Tage alt. In Versuch 15 dagegen lagen die Verhältnisse wie bei 8 und 9, indem ganz frische Staphylokokkenobjekte mit Milzbrandsporen sehr geringer Resistenz ($^1/_2$ bis $^3/_4$ Minuten Dampf) in Anwendung kamen.

(XVI. 20. X. 03.

## Versuch 15.

**Zimmer. 72 cbm. 2,5 Formaldehyd pro cbm. 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 10°.**

| | Direkt auf | | | | | | | | | | Nach 2–3 Tagen in Bouillon Abspülung in 0,75 % $NH_3$ während | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Agar | | | | | Bouillon | | | | | 1/4 Stunde (dann auf Agar) | | | | | 24 Stunden (dann auf Agar) | | | | |
| Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr.-Sp.-Seid.-Fäd. I. 2,25 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | ×× (18) | — | — | 0 | 0 | ×× (11) |
| II. Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 |
| III. Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | ×× (23) | — | — | 0 | 0 | ×× (21) |
| IV. Schublade hint. | 0 | × | ××× | ××× | ××× | 0 | ×× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Mbr.-Sp.-S.-F. (Kontrolle) | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Staph.p.a. Papier I. 2,25 m frei | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| II. Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| III. Boden | 0 | × | ××× | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 |
| IV. Schublade hint. | 0 | × | ××× | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | 0 |
| Staph.-Papier (Kontrolle) | × | ×× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Tb. Sput. Antr.a.Gl. I. 2,25 m hoch | Subkutan auf ein Meerschwein: nach 7 Wochen 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| II. Tisch | desgl. » 7 » 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| III. Boden | desgl. » 7 » 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IV. Schublade hint. | desgl. » 7 » 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tb. Sput. Antrockn. (Kontr.) | Subkutan auf drei Meerschweinchen: 1. nach 7 Wochen ××, 2. nach 3 Tagen † an Phlegmone, 3. nach 5 Wochen † = ×× Tb. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Das Resultat dieses Versuchs mit geringerer Formaldehydmenge und niedriger Temperatur zeigt genau dieselbe, im Vergleich mit allen übrigen Versuchen auffallende Erscheinung, wie bei Versuch 8 und 9: anscheinende Abtötung der Milzbrandsporen mit Ausnahme des am geschütztesten aufgestellten, aber Spätauskeimung der meisten nach Ammoniakbehandlung, sowie ausbleibende Abtötung der Staphylokokken der geschützteren Aufstellungen. Die Erklärung ist genau dieselbe wie bei 8 und 9, da dieselben Testobjekte benutzt wurden.

Auffallend ist auch hier das ungleichmäfsige Verhalten der Staphylokokken auf den verschiedenen Nährböden sowie das Fehlen ihrer Auskeimung nach $NH_3$-Behandlung.

Die Abtötung der Sputumantrocknungen erfolgte auch hier, selbst in der Schublade, glatt.

**Versuch 16** (siehe S. 346).

Bei diesem Versuch wurden neben den in gewohnter Weise verteilten Testobjekten Sputumobjekte von besonderer Beschaffenheit verwendet. Das Sputum war in einem Teile derselben — in früher schon geschilderter Weise — durch Zumischung einer Tuberkelbazillenreinkultur in hohem Grade mit sehr infektiösen Tuberkelbazillen angefüllt und kam aufserdem in besonders dicken Antrocknungen zur Verwendung. In den Falten eines aufgehängten Arbeitsrocks waren Leinwandstückchen mit Stecknadeln befestigt, auf welchen in feuchtem sowie im angetrockneten Zustande Sputummengen in der Gröfse eines Auswurfsballens angebracht waren. Aufserdem waren einem in der Tasche steckenden Taschentuch ähnliche Mengen angetrocknet.

Die grofse Formaldehydmenge nach Flügge erzielte bei doppelter Versuchsdauer in keinem Fall eine Abtötung der — wie gesagt sehr resistenten — Milzbrandsporen. Dieselben zeigten bei den geschützteren Objekten schon von den ersten Tagen, bei den weniger gedeckten (V und VI) vom 10. Tage an, in allen übrigen Fällen aber in der 4. und 5. Woche Auskeimung und zwar in gleicher Weise ohne oder mit Ammoniakbehandlung. Die Staphylokokken zeigten sich an allen Aufstellungsorten und nach den beiden Prüfungsmethoden abgetötet.

XVIII.) 20. XI. 03. **Versuch 16.**

Zimmer. 72 cbm. 5,0 Formaldehyd pro cbm. 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 10—8°.

| | Wachstum nach Tagen: | Direkt auf Agar 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | Auswaschung in 0,6% Ammoniaklösung 21 Stunden, 35°, dann Agar. 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mbr.-Sporen-Seiden-Fäden | I. Am Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | ×(26) | — | 0 | 0 | 0 | ×(30) |
| | II. Frei auf Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | ×(30) | — | 0 | 0 | 0 | ××(27) |
| | III. Frei 2½ m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | ×(30) | — | 0 | 0 | 0 | ××(24) |
| | IV. 15 cm unter Tischplatte | 0 | 0 | 0 | 0 | ×(30) | — | 0 | 0 | 0 | ××(23) |
| | V. In Schublade | 0 | 0 | 0 | × | ××× | — | 0 | 0 | × | ××× |
| | VI. Unter Watteschicht | 0 | 0 | 0 | × | ××× | — | 0 | 0 | × | ××× |
| | VII. In Rocktasche | × | ××× | ××× | ××× | ××× | — | ××× | ××× | ××× | ××× |
| | VIII. Arbeits-Rocktasche | × | ××× | ××× | ××× | ××× | — | ×× | ××× | ××× | ××× |
| Mbr.-Sporen-Seidenfäden (Kontrolle) | | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | |
| Stk. p. aur.-Papier | I. Am Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | II. Frei auf Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | III. Frei 2½ m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | IV. 15 cm unter Tischplatte | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | V. In Schublade | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VI. Unter Watteschicht | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VII. In Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VIII. Arbeits-Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stk. p. aur.-Papier (Kontrolle) | | × | ×× | ××× | ××× | ××× | | | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Tb.-Sput.-Antrocknung I | I. Am Boden | Sct. | a. 1 Meerschw. | Nach 8 Wochen = 0. |
| | II. Frei auf Tisch | » | » 1 » | Nach 4 Tagen † an Kokkeninfektion. |
| | III. Frei 2½ m hoch | » | » 1 » | Nach 8 Wochen = 0. |
| | IV. 15 cm unter Tischplatte | » | » 1 » | Nach 8 Wochen = 0. |
| Tb.-Sput.-Antrocknung I (Kontrolle) | | Sct. | a. 1 Meerschw.: | Beide nach 4 und 7 Wochen = ×××. |
| Tb.-Sput.-Antrocknung II (mit Tb.-Reinkult.) | II. Frei auf Tisch | Sct. | a. 1 Meerschw.: | † nach 4½ Wochen an Pneumonie = 0 Tb. |
| | III. Frei 2½ m hoch | » | » 1 » | Nach 8 Wochen = 0. |
| | IV. 15 cm unt. Tischplatte, sehr dick | Jp. | » 1 » | Nach 8 Wochen = ××× (Holz). |
| | VII. In Rocktasche und auf Leinen | Sct. | » 1 » | Nach 8 Wochen = ×××. |
| | VIII. Arbeitsrock auf Leinen aufsen | » | » 1 » | Nach 6 Wochen † an Pneumonie = 0 Tb. |
| Tb.-Sput.-Antrockn. II mit Tb.-Reinkultur (Kontrolle) | | Sct. | a. 2 Meerschw.: | Beide nach 7 und 8 Wochen = ×××. |
| Tb.-Sput. fcht. (mit Tb.-R.-K.) | In Schale auf Tisch | Sct. | a. 1 Meerschw.: | Nach 2 Wochen † an Phlegmone = 0 Tb. (?). |
| | Am Arbeitsrock aufsen | » | » 1 » | Nach 8 Wochen = 0. |
| Tb.-Sput. feucht mit Tb.-Reinkultur (Kontrolle) | | Sct. | a. 1 Meerschw.: | Nach 6 Wochen = ××× |

Von den Sputumobjekten waren zwei infektionsfähig geblieben. Erstens ein unter der Tischplatte aufgestelltes Holzbrettchen, welchem in mehreren Schichten gröfsere Mengen von Sputum angetrocknet worden waren. Das Brettchen aus Tannenholz ohne Lacküberzug hatte von dem dünnflüssigen, aber sehr bazillenreichen Sputum verhältnismäfsig grofse Mengen aufgesaugt, so dafs dieselben nicht nur an der Oberfläche angetrocknet waren. Bei der Verimpfung aber waren die oberen Holzschichten durch scharfes Abschaben nach Aufweichung zum Teil mitgenommen, zum Teil stark ausgedrückt worden, so dafs dabei sicher aus der Tiefe noch nicht abgetötetes Material zur Verwendung kam. — Das zweite nicht abgetötete Objekt entstammte dem in der Tasche des Rocks untergebrachten Taschentuch.

Demgegenüber waren verschiedene recht dicke Antrocknungen, auch die in den Falten des Rocks angebrachten abgetötet. Bei dem analogen Versuch im Sommer (14) war dagegen auch die in der Rocktasche ausgesetzte Sputumantrocknung desinfiziert worden.

**Versuch 17** (siehe S. 349).

Derselbe bildet eine Wiederholung des vorigen bei noch etwas niedrigerer Temperatur. Es kamen neben den seither benutzten auch Antrocknungen an Granaten zur Untersuchung, um den Einflufs der Unterlage auf die Desinfektionswirkung sowohl als auf eine etwaige Behinderung der Auskeimung zu prüfen.

Aufserdem wurden Sputummengen in der Quantität dicker Auswurfsballen bei Lufttemperatur direkt an die Zimmerwand etwa in Tischhöhe, sowie auf den Fufsboden einer Zimmerecke angetrocknet. Die krustigen Schmutzflecken wurden in der Mitte halbiert, sodann die eine Hälfte direkt vor dem Versuch, die andere nach demselben abgeschabt, mit Bouillon verrieben und je zwei Meerschweinchen subkutan und intraperitoneal eingespritzt.

Die Abtötung der Milzbrandsporen wurde auch dieses Mal in keinem Falle erreicht. Das Verhalten der Seidenfäden und der Granaten zeigte keine deutlichen Unterschiede, auch die Ammoniakbehandlung veränderte die Resultate nicht, allenfalls läfst

sich bei ihrer Einwirkung auf die Granaten eine Verzögerung bzw. Verhinderung des Auskeimens konstatieren.

Die Staphylokokken sind sämtlich abgetötet. Auch die Sputumantrocknungen erwiesen sich in durchaus einheitlicher Weise im eklatanten Gegensatz zu den vorher entnommenen Mengen, nach dem Versuch als infektionsunfähig. Die Kontraste zwischen den gleichzeitig sezierten vollständig gesunden Versuchstieren und den schwer tuberkulösen Kontrolltieren waren ganz auffallend.

**Versuch 18** (siehe S. 350).

Zur Untersuchung der Frage, ob und inwieweit die in den vorigen Versuchen zutage getretene ungenügende Wirkung auf Milzbrandsporen bei niedriger Temperatur durch Erhöhung der Formaldehydmenge verbessert werden könne, wurde bei folgendem Versuch die doppelte Quantität der gröfseren Flüggeschen Menge angewandt. Da der Breslauer Apparat sich hierzu als ungeeignet erwies, benutzte ich für dieses Mal den »kombinierten Äskulap«, welcher die zur Sättigung des Raums notwendige Wassermenge aufnahm, in Verbindung mit noch zwei einfachen Äskulapapparaten zur Unterbringung der genügenden Mengen Scheringscher Pastillen. Trotz Verwendung der vorgeschriebenen Spiritusmengen blieb in denselben aber ein kleiner Teil der Pastillen unvergast zurück, so dafs nur eine Konzentration von 9,5 Formaldehyd pro cbm erreicht wurde.

Die Desinfektionswirkung zeigte sich auch entschieden gröfser als bei den vorigen Versuchen, allein ein Ausbleiben der Auskeimung kam bei den Milzbrandobjekten nur in einem Fall zur Beobachtung, nicht einmal an einem besonders günstigen Aufstellungsort. — Besondere Beachtung verdient bei diesem Versuch, dafs hier die einfache Seidenfädenmethode sich als die ungenaueste Prüfungsart erwies, indem sie selbst bei einer Beobachtungsdauer von 30 Tagen keine einzige Auskeimung zeigte. während nach $NH_3$-Behandlung der Seidenfäden sowohl, als bei den Granaten sich solche einstellten. In diesem Versuch ist, auch bei den Granaten, eine deutliche Verschärfung der Prüfungsmethode durch die $NH_3$-Behandlung zu konstatieren.

(XX.) 2. I. 04. **Versuch 17.**

**Zimmer. 72 cbm. 5,0 Formaldehyd pro cbm. 7 Stunden. Ammoniakverdampfung. Temp. 5°.**

| | | Seidenfäden bzw. Papier | | | | | | | | | Granaten | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | direkt auf Agar | | | | | 24 Std. in 1% $NH_3$ bei 35°, dann Agar | | | | | direkt auf Agar | | | | | 24 Std. in 1% $NH_3$ bei 35°, dann Agar | | | |
| Wachstum nach Tagen: | | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr. sp. Antrocknung | I. Boden | 0 | 0 | ××× | ××× | ××× | — | 0 | ××× | ××× | ××× | 0 | 0 | ××× | ××× | ××× | — | 0 | 0 | ××× | ××× |
| | II. Tisch | 0 | 0 | 0 | ××× | ××× | — | 0 | 0 | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | ××× | ××× | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | III. 2½ m hoch | 0 | 0 | 0 | ×× | ××× | — | 0 | 0 | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | ×× (16) | — | 0 | 0 | 0 | ×× (16) |
| | IV. 15 cm unter der Tischplatte | 0 | 0 | ×× | ××× | ××× | — | 0 | ××× | ××× | ××× | 0 | 0 | ××× | ××× | ××× | — | 0 | ××× | ××× | ××× |
| | V. In Schublade | 0 | × | ××× | ××× | ××× | — | 0 | ×× | ××× | ××× | 0 | × | ××× | ××× | ××× | — | 0 | ×× | ××× | ××× |
| | VI. In Fliefspapier in Rocktasche | × | ××× | ××× | ××× | ××× | — | 0 | ××× | ××× | ××× | × | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — |
| do. (Kontrolle) | | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | |
| Stk. p. aur. Antrocknung | I. s. oben | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | II. » » | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | III. » » | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | IV. » » | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | V. » » | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VI. » » | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| do. (Kontrolle) | | × | ×× | ××× | ××× | ××× | | | | | | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | |

| | | |
|---|---|---|
| Tb. Sputum. Dicke Antrocknung an der Wand | Ip. | 1 Meerschweinchen = nach 6 Wochen = 0 |
| | Sct. | do. = » 6 » = 0 |
| do. (Kontrolle) | Ip. | 1 Meerschweinchen = nach 6 Wochen = ××× |
| | Sct. | do. = » 6 » = × |
| Tb. Sputum. Dicke Antrocknung am Fufsboden | Ip. | 1 Meerschweinchen = » 6 » = 0 |
| | Sct. | do. = » 6 » = 0 |
| do. (Kontrolle) | Ip. | 1 Meerschweinchen = » 6 » = ××× |
| | Sct. | do. = » 6 » = [illegible] |

(XXI.) 15. 1. 04. **Versuch 18.**

**Zimmer. 72 cbm. 9,5 Formaldehyd pro cbm (Äskulap). 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 8—6°.**

| | Seidenfäden bzw. Papier | | | | | | | | | | Granaten | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | direkt auf Agar | | | | | 24 Std. in 1% $NH_3$ bei 35°, dann Agar | | | | | direkt auf Agar | | | | | 24 Std. in 1% $NH_3$ bei 35°, dann Agar | | | | |
| Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr.-Sporen-Antrocknung: I. Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | ××× (14) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | ×× | ××× |
| II. Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | ××× (14) |
| III. 2 1/2 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | ×× (25) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| IV. 15 cm unter der Tischplatte | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V. In Schublade | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | × | ××× | — | 0 | 0 | 0 | ××× (14) |
| VI. In Fliefspapier in Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | ××× | ××× | 0 | 0 | 0 | 0 | ××× (18) | — | 0 | 0 | 0 | ××× (16) |
| Mbr.-Sporen-Antrocknung (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | |
| Stk. p. aur.-Antrocknung: I. Boden | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| II. Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| III. 2 1/2 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| IV. 15 cm unter der Tischplatte | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| V. In Schublade | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| VI. In Fliefspapier in Rocktasche | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stk. p. aur.-Antrocknung (Kontrolle) | × | ×× | ××× | ××× | ××× | | | | | | × | ×× | ××× | ××× | ××× | | | | | |

### III. Versuche im Tierstall.

Da die oben geschilderten Verhältnisse dieses Raums einen relativ grofsen Bedarf an Formaldehyd annehmen liefsen, so wurden die Abmessungen der Desinfizientien von vornherein bedeutend gröfser gewählt als gewöhnlich. Aus diesem Grund mufste ich wiederum bei Versuch 20 und 21 von dem Breslauer Apparat abgehen und wählte bei ersterem Versuch den »kombinierten Äskulap« mit Pastillenvergasung, bei letzterem den Autoklaven von Trillat, welcher mit Formalin unter Zusatz von Chlorkalcium gefüllt wurde und die Dämpfe von aufsen mit einem Druck von etwa 3 Atmosphären in den Raum hinein warf.

Die bei sämtlichen Versuchen verwendeten Milzbrandsporen waren von bedeutender Resistenz (6—7 Minuten Dampf), die Staphylokokkenobjekte vor etwa 1 Woche frisch bereitet. Aufserdem wurden in Versuch 20 neben Sputumantrocknungen auch solche von Tuberkelbazillen-Reinkultur in Bouillonverreibung auf Glasstäbchen der Desinfektion ausgesetzt.

Auffallend war bei allen Versuchen die durch das Fenster vom Nebenraum leicht zu beobachtende Tatsache, dafs bei der Einleitung der Ammoniakdämpfe nach Abschlufs des Versuchs, selbst bei der Verwendung der grofsen Formaldehydmengen, nur eine ganz unbedeutende Nebelbildung eintrat, wie sie durch einfachen Wasserdampf hätte erzeugt werden können, auch zeigte sich bei einem kurzen Betreten des Raums nach Versuch 20 vor Einleitung des $NH_3$ der Formaldehydgeruch auffallend gering. Mehrere in dem Raum belassene Meerschweinchen und weifse Mäuse wurden ebenso wie kleine Insekten, Fliegen, Spinnen von dem Formaldehyd nicht beeinträchtigt.

**Versuch 19** (siehe S. 352).

Bei diesem Versuche zeigte sich trotz Sommertemperatur die höhere Flüggesche Formaldehydmenge als für solche Verhältnisse durchaus ungenügend, da $^6/_7$ der Milzbrandobjekte und $^5/_7$ der Staphylokokken schon in den ersten Tagen, je nach der Aufstellung der Objekte etwas früher oder später auf Agar wie in Bouillon in gleicher Weise, auch ohne $NH_3$-Behandlung zur Auskeimung kamen.

(X.) 20. VII. 03. **Versuch 19.**

Tierstall. 30 cbm. 5,0 Formaldehyd pro cbm. 3 1/2 Stunden mit $NH_3$-Verdampfung. Temp. 22°.

| | | Direkt übertragen auf | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Agar | | | | | Bouillon | | | | |
| | Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Milzbrand-sporen Seidenfäden | I. Vorn auf Tisch | 0 | 0 | ××× | ××× | ××× | 0 | × | ××× | ××× | ××× |
| | II. 2 m hoch auf Regal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | III. Am Boden unter Heu | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× |
| | VI. In offenem Tierkäfig | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ×× | ××× | ××× | ××× |
| | V. Am Boden einer Tierkiste | ×× | ×× | ××× | ××× | ××× | ×× | ×× | ××× | ××× | ××× |
| | VI. Frei auf Tisch am Fenster | 0 | 0 | 0 | ×× | ××× | 0 | 0 | × | ××× | ××× |
| | VII. Zwischen zwei Tierkäfigen | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× |
| Milzbrandsporen-Seidenfäden (Kontrolle) | | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× |
| Staphylo-kokken fließpapier | I. Vorn auf Tisch | 0 | 0 | × | ××× | ××× | 0 | × | ××× | ××× | ××× |
| | II. 2 m hoch auf Regal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | III. Am Boden unter Heu | × | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× |
| | IV. In offenem Tierkäfig | 0 | 0 | × | ×× | ××× | 0 | 0 | ×× | ××× | ××× |
| | V. Am Boden einer Tierkiste | 0 | 0 | × | ××× | ××× | 0 | × | ×× | ××× | ××× |
| | VI. Frei auf Tisch am Fenster | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ××× | ××× | ××× |
| | VII. Zwischen zwei Tierkäfigen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Staphylokokken-Fließpapier (Kontrolle) | | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× |

Der Versuch wurde deshalb mit der doppelten Formaldehydmenge und doppelten Einwirkungsdauer wiederholt.

**Versuch 20** (siehe S. 354).

Das Resultat ist ein entschieden günstigeres, da alle einigermafsen frei aufgestellten Milzbrandobjekte sowie sämtliche Staphylokokken bis auf das am ungünstigsten unter einem Haufen Heu untergebrachte auch nach $NH_3$-Behandlung ohne Auskeimung blieben. Aufserdem wurden sämtliche Antrocknungen von Tuberkelbazillenreinkultur sowie die Sputumobjekte bis auf dasjenige, welches an derselben Stelle wie die erwähnten zur Auskeimung kommenden Staphylokokken untergebracht war, infektionsunfähig.

Bemerkenswert ist, dafs von den zusammen unter einem kleinen Haufen Heu — wo auch schon in Versuch 19 die geringste Desinfektionswirkung zu konstatieren war — untergebrachten Objekten Milzbrandsporen, Staphylokokken und Sputumantrocknung lebensfähig blieben, die Tuberkelbazillenreinkultur aber abgetötet wurde.

**Versuch 21** (siehe S. 355).

Bei dieser unter etwas niedrigerer Temperatur mittels des Trillatschen Autoklaven vorgenommenen Wiederholung des Versuchs 20 blieben sämtliche Staphylokokkenobjekte auch nach $NH_3$-Behandlung ohne Wachstum. Bei Milzbrand zeigte sich solches in etwa der Hälfte der Objekte, soweit dieselben an entfernt gelegenen oder gedeckteren Stellen ausgesetzt waren, und zwar nach der Ammoniakbehandlung früher und häufiger als ohne dieselben.

Auffallend ist, dafs bei diesem Versuch an dem Platze, welcher bei den beiden vorigen Versuchen als der gegen den Formaldehyd geschützteste erschien, selbst die Milzbrandsporen abgetötet wurden. Der einzige auffindbare Unterschied bestand darin, dafs bei Versuch 19 und 20, welche im Juli stattfanden, die schützende Decke mehr aus grünem Futter bestand, während es sich bei Versuch 21 im Dezember um ausgetrocknetes Heu handelte.

(XI.) 22. VII. 03. **Versuch 20.**

Tierstall. 30 cbm. 10,0 Formalin pro cbm (komb. Äskulap-Schering). 7 Stunden mit $NH_3$-Verdampfung. Temp. 20—22°.

| | Direkt auf | | | | | | | | | | Nach 4 tägigem Aufenthalt in Bouillon mit $^3/_4$% $NH_3$ gewaschen (15 Min.) und übertragen auf | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Agar | | | | | Bouillon | | | | | Agar | | | | | Bouillon | | | | |
| Wachstum in Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr.-Sporen-Seidenfäden I. Vorn auf Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | → | | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — |
| II. 2 m hoch auf Regal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | → | | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — |
| III. Am Boden unter Heu | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| IV. In geöffnetem Tierkäfig | × | ××× | ××× | ××× | ××× | × | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| V. Boden einer offenen Tierkiste | 0 | × | ××× | ××× | ××× | 0 | × | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| VI. Auf Tisch frei am Fenster | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | → | | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — |
| VII. Zwischen Tierkäfigen | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××. | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden (Kontrolle) | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Staphylokokken-Fliefspapier I. Vorn auf Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | → | | 0 | 0 | 0 |
| II. 2 m hoch auf Regal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | → | | 0 | 0 | 0 |
| III. Am Boden unter Heu | 0 | × | ××× | ××× | ××× | 0 | ×× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| IV. In geöffnetem Tierkäfig | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | → | | 0 | 0 | 0 |
| V. Boden einer offenen Tierkiste | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | → | | 0 | 0 | 0 |
| VI. Auf Tisch frei am Fenster | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | → | | 0 | 0 | 0 |
| VII. Zwischen Tierkäfigen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | → | | 0 | 0 | 0 |
| Staphylokokkenpapier (Kontrolle) | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | ×× | ××× | ××× | ××× | ××× | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

| | |
|---|---|
| Tb.-Sput.-Antrockn. an Glas I. Vorn auf Tisch | Subkutan auf 1 Meerschweinchen: Nach 11 Wochen 0. |
| II. 2 m hoch auf Regal | Desgl. » 11 » 0. |
| III. Am Boden unter Heu | Desgl. » 11 » ××. |
| IV. In geöffnetem Käfig | Desgl. » 11 » 0. |
| Tb.-Sputum Antrocknung (Kontrolle) | Subkutan auf 1 Meerschweinchen: Nach 10 Wochen ×××. |
| Tb.-Reinkultur Antrockn. an Glas I. Vorn auf Tisch | Subkutan auf 1 Meerschweinchen: Nach 11 Wochen 0. |
| II. 2 m hoch auf Regal | Desgl. » 11 » 0. |
| III. Am Boden unter Heu | Desgl. » 11 » 0. |
| V. In offener Tierkiste | Desgl. » 11 » 0. |
| VI. Auf Tisch frei am Fenster | Desgl. » 11 » 0. |
| Tb.-Reinkultur Antrockn. (Kontrolle) | Subkutan auf 1 Meerschweinchen: Nach 10 Wochen [illegible] |

(XIX.) 8. XII. 03. **Versuch 21.**

Tierstall. 30 cbm. Über 10,0 Formaldehyd pro cbm (Trillat). 7 Stunden. $NH_3$-Verdampfung. Temp. 12°.

| | | Direkt auf Agar | | | | | Auswaschung in 1 proz. $NH_3$-Lösung. 24 Stunden bei 35°, dann auf Agar | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Wachstum nach Tagen: | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 | 1 | 2 | 6 | 12 | 30 |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäden | I. vorn auf Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | II. Regal 2 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | × (22) |
| | III. Boden unter Heu | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | IV. Tierkäfig geöffnet | 0 | × | ××× | ××× | ××× | — | × | ××× | ××× | ××× |
| | V. Boden einer Tierkiste | 0 | 0 | 0 | 0 | × (23) | — | × | ××× | ××× | ××× |
| | VI. auf Fensterbank | 0 | 0 | 0 | × | ××× | — | 0 | ××× | ××× | ××× |
| | VII. zwischen Tierkäfigen | 0 | × | ××× | ××× | ××× | — | × | ××× | ××× | ××× |
| Mbr.-Sp.-Seidenfäd. (Kontrolle) | | ××× | ××× | ××× | ××× | ××× | | | | | |
| Stk. p. aur.-Papier | I. vorn auf Tisch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | II. Regal 2 m hoch | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | III. Boden unter Heu | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | IV. Tierkäfig geöffnet | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | V. Boden einer Tierkiste | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VI. auf Fensterbank | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VII. zwischen Tierkäfigen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Stk. p. aur.-Papier (Kontrolle) | | × | ×× | ××× | ××× | ××× | — | | | | |

## Zusammenstellung der Resultate.

### 1. Einwirkung der Formaldehyddesinfektion auf tuberkelbazillenhaltiges Material.

a) Frisches tuberkulöses Sputum wurde in acht Versuchen einer Konzentration von 3,5—12,0 Formaldehyd pro cbm bei niedriger und hoher Temperatur ausgesetzt und auf 19 Versuchstiere übergeimpft. Von diesen starben 2 an akuter Peritonitis, 1 nach 2 Wochen an Phlegmone. Bei allen übrigen 16 Tieren blieb eine Infektion aus, während eine solche bei allen 8 Kontrolltieren prompt erfolgte.

b) Angetrocknetes Sputum kam in 11 Versuchen bei einer Formaldehydmenge von 2,5—7,0 pro cbm unter hoher und

niedriger Temperatur zur Untersuchung und wurde auf 40 Versuchstiere übertragen, von welchen 2 interkurrent an Milzbrand und Phlegmone starben. Von den übrig bleibenden 38 wurden 3 tuberkulös infiziert, 35 blieben gesund. Die 16 Kontrolltiere zeigten mit Ausnahme von 3, welche akuten Wundinfektionen erlagen, ausgesprochene Tuberkulose.

In den drei Fällen, wo eine Abtötung der Tuberkelbazillen ausblieb, findet man zweimal eine Erklärung hierfür in der geschützten Aufstellung des betreffenden Objekts bei der Desinfektion, nämlich einmal im Tierstall unter Heu, wo auch Staphylokokken nicht abgetötet wurden, das andere Mal auf einem zusammengeballten Taschentuch in der Rocktasche. Im dritten Falle zeigte sich die Tiefenwirkung der Formaldehyddämpfe gegenüber den in die obersten Schichten eines Holzbrettchens eingesaugten Tuberkelbazillen zu gering.

c) Angetrocknete Tuberkelbazillenreinkultur wurde in einem Versuch (Tierstall 20) mit im ganzen wenig günstiger Desinfektionswirkung untersucht und auf fünf Tiere übertragen, welche sämtlich gesund blieben, während bei dem Kontrolltier eine prompte Infektion erfolgte.

Es erfolgten also unter 59 Tierversuchen 3 Infektionen, d. h. Misferfolge der Desinfektion, welche aber nicht dem Formaldehyd, sondern den begleitenden Umständen zuzuschreiben sind.

Soweit also der Tierversuch es vermag, die Frage nach der Lebensfähigkeit von Tuberkelbazillen zu lösen, so geht aus unseren Versuchsresultaten mit Evidenz hervor, dafs Formaldehyddämpfe in den gebräuchlichen Konzentrationen bei unserer Wohnungsdesinfektion imstande sind, die Tuberkelbazillen in organischem Material, auch in trockenem Zustande abzutöten, insofern dieses entsprechend unseren sonstigen Beobachtungen über die Formaldehydwirkung denselben zugänglich ist.

Die Abtötung erfolgt sogar im Vergleich mit anderen Krankheitserregern und der sonstigen Widerstandsfähigkeit des Tuberkelbazillus verhältnismäfsig leicht.

Wenn es nun auch, wie z. B. bei dem Verhalten der Milzbrandsporen nach Sublimateinwirkung, nicht ausgeschlossen erscheint, dafs ein Züchtungsverfahren auf künstlichen Nährböden sich als schärfere Prüfungsmethode erweisen würde, indem es noch Wachstumserscheinungen der Tuberkelbazillen ermöglichte, so liegt bis jetzt ein solches nicht in allgemein verwendbarer Form vor. Auch würde eine solche Tatsache die praktische Bedeutung der Formaldehyddesinfektion gegenüber dem Tuberkelbazillus nicht wesentlich beeinträchtigen können, solange die von verschiedenen Seiten vorliegenden Versuche in Übereinstimmung, auch mit den unsrigen, durch den Tierversuch beweisen, dafs jedenfalls die Infektionsfähigkeit der Tuberkuloseerreger durch geeignete Formaldehyddesinfektion vernichtet werden kann.

Wenn ferner auch bei verschiedenen unserer Versuche verhältnismäfsig dicke Auswurfskrusten durch die Formaldehydeinwirkung unschädlich gemacht worden sind, so gehört meiner Ansicht nach die anderweitige Beseitigung und Desinfektion derartiger grober Verschmutzungen allgemein zu den Vorbereitungs- und Ergänzungsmafsregeln des Formaldehydverfahrens, welche die Objekte der Formaldehydwirkung zugänglich, oder wenn dies unmöglich, in anderer zweckmäfsiger Weise unschädlich machen sollen.

Diese längst bekannten und in den Instruktionen der Desinfektoren genau präzisierten Mafsnahmen haben bis jetzt den Wert der Formaldehyddesinfektion nicht beeinträchtigt und den Ruf ihrer grofsen praktischen Vorteile gegenüber anderen in Betracht kommenden Methoden nicht geschädigt!

### 2. Ammoniakbehandlung und Prüfungsmethoden.

Die Ammoniakbehandlung der Objekte nach Roemer wurde in 17 Versuchen gegenüber der direkten Übertragung auf Nährböden untersucht. Unter diesen war bei 10 eine Änderung der Resultate nach Ammoniakeinwirkung überhaupt nicht zu bemerken.

Auch bei den anderen 7 Versuchen (5., 8., 9., 10., 15., 18., 21.) zeigte sich keine eklatante eindeutige Wirkung derselben, wie bei den Versuchen von Roemer.

Nicht ein einziges Mal wurde bei Staphylokokken eine Auskeimung nach Ammoniakabspülung beobachtet und auch bei Milzbrand handelte es sich immer um verzögerte, sehr späte Auskeimungen.

Ferner wurde durch die Ammoniakbehandlung durchaus nicht immer das Resultat in dem Sinne verändert, dafs Objekte, die ohne eine solche steril blieben, nach derselben Wachstum zeigten. Bei Versuch 8, 9 und 15 ist bei Staphylokokken das Umgekehrte der Fall, sowie auch in Versuch 17 und 18 namentlich bezüglich des Zeitpunkts der Auskeimung. — Auf diese Ungleichmäfsigkeit der Wirkung wird übrigens auch schon bei Hammerl und Kermauner (14) aufmerksam gemacht!

Was weiter die praktische Bedeutung der durch die Ammoniakbehandlung bedingten Veränderung der Resultate bei obigen 7 Versuchen betrifft, so handelt es sich bei denselben mit Ausnahme eines einzigen (Vers. 5), welcher bei sonst günstigem Desinfektionsergebnis eine Auskeimung am 9. Tag zeigte, nur um solche, welche infolge niedriger Temperatur oder anderer Umstände überhaupt ungenügende oder eben auf der Grenze stehende Desinfektionswirkung zeigten, so dafs die Tatsache einer mangelnden völligen Abtötung der Milzbrandsporen nicht sonderlich überrascht.

Auf Grund dieser Beobachtungen erscheint mir ein wesentlicher Einflufs der Ammoniakbehandlung auf die Resultate der Formaldehyddesinfektion, wenn bei dieser die heute bekannten Vorbedingungen zur Erzielung einer genügenden Desinfektionswirkung beachtet worden sind, im Gegensatz zu Roemer nicht wahrscheinlich.

Da aber nach derselben, wie auch bei Hammerl und Kermauner im einigen Fällen Auskeimung von Objekten eingetreten ist, die wir sonst hätten für abgetötet halten müssen, so möchte ich ohne Rücksicht auf die mitgeteilten entgegengesetzten Resultate die einfache Methode einer Abspülung

in Ammoniaklösung doch als Verschärfung unserer Prüfungsmethoden in allen Fällen empfehlen. Besondere Vorteile einer längeren oder kürzeren oder höher temperierten Einwirkung haben sich aus unseren Versuchen nicht feststellen lassen.

Von mindestens ebenso grofser Wichtigkeit für die Verschärfung der Prüfungsmethoden als die Ammoniakbehandlung scheint mir aber ein anderer Punkt zu sein, bei dessen Nichtbeachtung in unseren Versuchen z. B. der Nachweis einer positiven Wirkung der Ammoniakbehandlung nicht in einem Fall erbracht worden wäre. Dies ist eine Verlängerung der meist üblichen Beobachtungsdauer!

Schon Gruber ([13]) hat als eine der Hauptfehlerquellen bei der Prüfung von Desinfektionsmitteln die zu kurze Beobachtung bezeichnet. Im Hinblick auf die nach Sublimateinwirkung vorgekommenen Spätauskeimungen von Milzbrandsporen empfahl er eine mindestens 8—10tägige Beobachtungsdauer. Tatsächlich scheinen sich sehr viele Untersucher hiermit begnügt zu haben, soweit darüber überhaupt eine genauere Angabe in der Literatur zu finden ist (z. B. Aronson ([4]), v. Brunn ([6]), Hammerl und Kermauner ([14]), Fairbanks ([9]), Enoch ([7]), Roemer ([26]) u. A.). Reichenbach ([25]) gibt bei seinen schon erwähnten Untersuchungen über Desinfektion von Eisenbahnwagen, bei welchen ihm die Abtötung von Milzbrandsporen mit Leichtigkeit, diejenige von Staphylokokken vielfach nicht gelang, seine Beobachtungsdauer auf mindestens 5 Tage an und fügt hinzu, er habe nach dem vierten Tage niemals mehr Wachstum gesehen! Vielleicht erklären sich dadurch seine auffallend günstigen Resultate gegen Milzbrandsporen. — Auf der anderen Seite haben z. B. Nowack ([21]) 3 Wochen, Jörgensen ([18]) 30 Tage, Rosenberg ([27]) 6 Wochen und Pfuhl ([23]) 1½ bis 2 Monate beobachtet.

Nach unseren Erfahrungen erscheint es nicht berechtigt, über die Lebensfähigkeit von Milzbrandsporen nach Formaldehydeinwirkung schon nach 8—10tägiger Beobachtungszeit ein Urteil abzugeben, wie es von der gröfsten Mehrzahl der Beobachter geschehen ist.

Ich stelle nur zur Überlegung, wie anders unsere Resultate ausgefallen wären, wenn in den Tabellen die beiden letzten Kolumnen (12 und 30 Tage) gestrichen würden, und glaube in der Forderung einer 30tägigen Beobachtungsdauer für solche Untersuchungen nicht zu weit zu gehen.

## Folgerungen für Wert und Technik der Formaldehyddesinfektion.

Als auffallendste Tatsache hat sich aus den geschilderten, mit verschärften Prüfungsmethoden ausgeführten Versuchen über Wohnungsdesinfektion gezeigt, dafs bei der hohen Temperatur der Sommermonate mit den gewöhnlichen Methoden zwar eine Abtötung der Tuberkelbazillen, Staphylokokken sowie auch resistenter Milzbrandsporen in den in Betracht kommenden Verhältnissen erreicht wird, dafs dies aber bezüglich der letzteren bei Wintertemperatur nicht mit Sicherheit der Fall ist, selbst wenn die Formaldehydquantitäten ganz bedeutend gesteigert werden.

Die Forderung, dafs Milzbrandsporen unter allen Umständen abgetötet werden, erfüllt also unsere Formaldehyddesinfektion nicht!

Es ist aber eine weitere, schon viel diskutierte Frage, ob man bei der Beurteilung einer Desinfektionsmethode, welche gegenüber den anderen als wirksamer in Betracht kommenden Verfahren erfahrungsgemäfs so grofse praktische Vorzüge bewiesen hat, einen so hohen Mafsstab anlegen mufs.

In Anbetracht dessen, dafs Milzbrandsporen gegenüber chemischen Desinfektionsmitteln eine ganz aufserordentlich grofse Widerstandskraft besitzen (so keimten z. B. die bei den letzten Versuchen benutzten Milzbrandsporenfäden noch nach 70tägigem Aufenthalt in 5proz. Karbolsäure innerhalb 24 Stunden in ungeschwächter Weise aus!), und dafs unter den uns bekannten Krankheitserregern sich nur noch ein sporenbildender Mikroorganismus befindet, der wohl ebenso selten als Milzbrand zu Wohnungsdesinfektionen Anlafs geben dürfte, ferner, dafs unter

den nicht sporentragenden Keimen der Staphylococcus pyogenes aureus als besonders widerstandsfähig gegen Formaldehyd bekannt ist, glaube ich, dafs wir uns für die weitaus meisten Fälle mit einer Desinfektionswirkung begnügen können, durch welche resistente Staphylokokken mit Sicherheit vernichtet werden. Diese ist nun, auch nach unseren Versuchen, durch die gebräuchliche Formaldehyddesinfektion immer zu erreichen, selbst bei so ungünstigen Verhältnissen wie in den geschilderten Tierstallversuchen.

Handelt es sich aber ausnahmsweise um gröfsere Ansprüche an die Desinfektionswirkung, so läfst sich eine Steigerung derselben durch Vergröfserung der Formaldehydquantitäten, vor allen Dingen aber durch künstliche Erhöhung der Temperatur erreichen.

Unter diesen Gesichtspunkten wird man dem Formaldehydverfahren, durch welches die Wohnungsdesinfektion als wesentlicher Faktor der heutigen Seuchenbekämpfung erst ihre jetzige Bedeutung erlangt hat, seine Berechtigung nicht aberkennen können!

Bezüglich der Technik des Verfahrens möchte ich zum Schlusse als Zusammenfassung der vorstehenden Ausführungen folgende praktische Forderungen an eine wirksame Wohnungsdesinfektion aufstellen:

1. Die von Flügge anfangs vorgeschlagene Formaldehydmenge von 2,5 pro cbm hat sich als zu klein erwiesen. Es ist in allen Fällen als durchschnittliches Quantum 5,0 Formaldehyd pro cbm mit siebenstündiger Einwirkungsdauer anzuwenden.

2. In Ausnahmefällen, wo mangelhafte Abdichtung nicht zu vermeiden ist, oder sehr zahlreiche Gegenstände oder reichliche organische Massen in dem Raum vorhanden sind, die sich nicht zweckmäfsiger anderweitig beseitigen lassen, mufs diese Formaldehydmenge bei gleicher Einwirkungsdauer bis auf das Doppelte gesteigert werden.

3. In allen Fällen, wenn die Temperatur des Raumes unter 10° ist, mufs eine Anwärmung erfolgen.

   Zur Steigerung der Desinfektionswirkung in besonderen Fällen ist in erster Linie eine Erwärmung des Raumes auf 20—25° zu veranlassen, durch welche eine gründliche Durchwärmung der Wände und Gegenstände vor Beginn der Desinfektion erreicht sein mufs. Hierbei ist in Betracht zu ziehen, dafs stärker erwärmte Flächen durch die Formaldehyddämpfe selbst nicht desinfiziert werden, sowie dafs ein nicht vollständig geschlossener, warmer Ofen mit Abzugsrohr einen namhaften Abdichtungsfehler darstellt.

4. Zur Vermeidung von Fehlern bezüglich der beabsichtigten Formaldehydkonzentration mufs der Prozentgehalt und die chemische Zusammensetzung des verwendeten Formalins kontrolliert werden, da diese Verhältnisse sehr oft nicht mit den Voraussetzungen der üblichen Tabellen übereinstimmen.

---

## Literatur.


1. Abba und Rondelli, Zeitschr. f. Hygiene, 1897, XXVII.
2. Dieselben, Zentralblatt f. Bakteriologie, 1900.
3. Dieselben, Zentralblatt f. Bakteriologie, 1903.
4. Aronson, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XXV, 1897.
5. Bosc, Annales de l'Institut Pasteur, 1896.
6. v. Brunn, Zeitschr. f. Hygiene u. Infek., XXX, 1899.
7. Enoch, Hygienische Rundschau, XXV, 1899.
8. v. Esmarch, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., V, 1889.
9. Fairbanks, Zentralblatt f. Bakteriologie, XXIII, 1898.
10. Flick, Zentralblatt f. Bakteriologie, XXVI, 1899.
11. Flügge, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XXIX, 1898.
12. Derselbe, Klinisches Jahrbuch, VII. Band, 5. Heft, 1900.
13. Gruber, Zentralblatt f. Bakteriologie, XI, 1892.
14. Hammerl und Kermauner, Münch. med. Wochenschr., 1898.
15. Hefs, Inaug.-Diss., Marburg 1898.
16. Hesse, Zeitschr. f. Hygiene, XXI, 1899.
17. Derselbe, Deutsch. Archiv f. klin. Medizin, 77. Band, S. 548.
18. Jörgensen, Zeitschr. f. Hygiene, XLV, 1903.

19. Koeniger, Korresp.-Blatt d. ärztl. Vereine des Gr. Hessen, 1903, 4.
20. Kroenig und Paul, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XXV, 1897.
21. Nowack, Hygien. Rundschau, IX.
22. Peerenboom, Hygienische Rundschau, 1898.
23. Pfuhl, Zeitschr. f. Hygiene, XXII u. XXIV, 1896 u. 1897.
24. Pottevin, Annales de l'Institut Pasteur, 1894.
25. Reichenbach, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XXXIX, 1902.
26. Roemer, E. v. Behrings Beiträge z. exper. Therapie, Heft 6, Marburg 1903.
27. Rosenberg, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XXIV, 1897.
28. Schumburg, Deutsche med. Wochenschr., 1898
29. Spengler, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XLII, 1903.
30. Derselbe, Zentralblatt f. Bakteriologie, XXVIII, 1900.
31. Steinitz, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XXXVIII, 1901.
32. Vaillard-Lémoine, Annales de l'Institut Pasteur, 1896.
33. Walter, Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt., XXI u. XXVI.

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Freiburg i. B.)

# Untersuchungen über Bakterienvernichtung durch den Sauerstoff der Luft und durch Wasserstoffsuperoxyd.

Von

Dr. **Küster**, I. Assistent des Instituts.

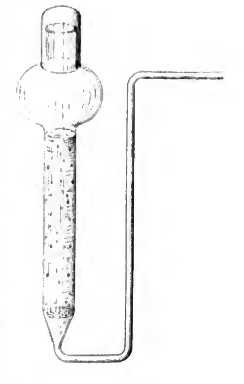
Bei der bakteriologischen und chemischen Untersuchung grofser Wasserläufe wurde schon vor Jahren die Beobachtung gemacht, dafs eine natürliche Selbstreinigung des Flufswassers stattfindet, die sich sowohl in einer Verringerung der Keimzahl, als auch in einer Abnahme der chemischen Verunreinigungen kundgibt.

Für diese äufserst wichtigen Naturvorgänge wurden schon die verschiedenartigsten Umstände als Ursachen namhaft gemacht: die Belichtung durch die Sonne, die Bewegung der Wassermassen, die Flächenattraktion der mitgeführten Sandmassen, das chemische Verhalten des Untergrundes, die Tätigkeit tierischer und pflanzlicher Wasserbewohner und endlich die oxydierende Einwirkung der Luft. Dieses letztgenannte Reinigungsmoment erschien uns von ganz besonderer Bedeutung auf Grund von chemisch-bakteriologischen Untersuchungen (1) *), die im letzten Jahre an einigen kleinen Schwarzwaldbächen von seiten des Hygienischen Instituts der Universität Freiburg i. B. angestellt wurden. Solche rasch und sprudelnd fliefsenden Gebirgsbäche zeigen trotz ihrer verhältnismäfsig geringen Wassermenge bei Zuführung starker Verunreinigungen schon nach kurzem Laufe durch Selbstreinigung

*) Die Zahlen in der Klammer weisen auf die Nummern des Literaturverzeichnisses am Schlusse hin.

eine starke Abnahme der Keimzahl und der chemischen Verunreinigung. Bei dem Verhalten der von uns untersuchten Wasserläufe (Herdenerbach, Klemmbach und Möhlin) war nun zweifelsohne dem Sauerstoff der Luft besonders günstige Gelegenheit geboten, seine oxydierenden Einwirkungen auszuüben, und es wurde deshalb versucht, im Laboratorium diese natürlichen Verhältnisse nachzuprüfen und ihre Bedeutung festzustellen.

Zu diesem Zwecke wurde folgende Versuchsanordnung getroffen: eine **U**-förmig gebogene Glasröhre von 40,0 cm Länge zeigt einen weiten und einen engen Schenkel. Der enge Schenkel — lichte Weite 4 mm — ist oben rechtwinklig umgebogen und steht mit dem luftzuführenden Schlauche einer Wasserluftpumpe in Verbindung. Der weite Schenkel mit 2,5 cm innerem Durchmesser ist zur Aufnahme der zu bearbeitenden Wasserprobe bestimmt und trägt in seinem unteren Teile, dort, wo er allmählich in den engen Schenkel übergeht, eine horizontal das Lumen einnehmende, feindurchlöcherte Porzellanplatte, so dafs die eingepumpte Luft in kleinen Bläschen durch die Wassersäule des weiten Schenkels aufsteigen mufs. Das obere Ende dieses Schenkels trägt eine weite Schäumkugel, um das Verspritzen von emporgerissenen Wasserteilchen zu verhüten. Ihre obere Öffnung wird durch einen Glasstutzen lose geschlossen, die Luft kann leicht entweichen, eine Verunreinigung durch Keime ist ausgeschlossen. Der ganze Apparat kann ohne Schwierigkeit im Trockenschranke sicher sterilisiert werden. Die zugepumpte Luft wird dem Zimmer entnommen und passiert ein unmittelbar vor den Apparat geschaltetes, steriles Wattefilter. Bei dieser Anordnung ist es möglich, dauernd eine sehr innige Berührung kleinster Luftbläschen mit den zu untersuchenden Wasserproben bei geringem Druck herbeizuführen.



Die Frage, deren Beantwortung wir uns nun zunächst vorlegten, war folgende: Übt die durchströmende Luft einen Ein-

flufs auf die im Wasser befindlichen Bakterien aus oder nicht, und ist dieser Einflufs von der herrschenden Temperatur abhängig? Um dieses festzustellen, mufsten drei gleiche Apparate folgendermafsen montiert werden: Apparat Nr. I wurde mit einem Dritteil der zu behandelnden Wasserprobe beschickt und diente, ohne dafs irgend etwas damit vorgenommen wurde, zur Kontrolle. Apparat Nr. II enthielt das zweite Dritteil der Wasserprobe und wurde bei Zimmertemperatur mit Luft durchspült. Apparat Nr. III, mit dem letzten Dritteil der Wasserprobe, wurde in gleicher Weise mit Luft durchspült und aufserdem noch mit seinem unteren Teile etwa 15 cm tief in Eiswasser eingetaucht. Die Kühlung von Nr. III mit schmelzendem Eis wurde angewandt, weil wir bei Untersuchung der Schwarzwaldbäche durchgehends eine niedere Temperatur des Wassers (8° C durchschnittlich) konstatierten und weil wir auch hierin uns den natürlichen Verhältnissen möglichst anpassen wollten. Das Wasser für die Untersuchung wurde der Freiburger Wasserleitung entnommen, die Apparate in einem Raume aufgestellt, der vor direkter Sonnenbestrahlung geschützt war und Temperaturschwankungen zwischen 13—16° C zeigte. Die Temperatur in Apparat III betrug oben: 2,3—3,1, mitten: 2,8, unten: 2,2° C; in Apparat I und II herrschte Zimmertemperatur.

Die Keimzahl wurde durch Gelatineplattenverfahren festgestellt und zwar so, dafs für jede Zählung 12 ccm verarbeitet und daraus der Durchschnitt für 1 ccm berechnet wurde.

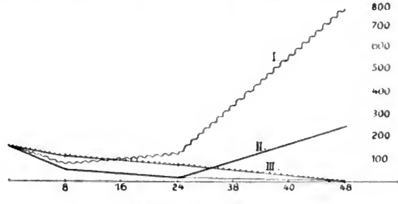
Tabelle A.

| | Kontrolle Nr. I | Luftdurchspülung bei Zimmertemperatur Nr. II | Luftdurchspülung u. Eiswasserkühlung Nr. III |
|---|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn des Versuches in 1,0 ccm | 154 | 154 | 154 |
| » nach 8 Stunden | 81 | 52 | 114 |
| » » 24 » | 127 | 27 | 72 |
| » » 48 » | 802 | 249 | 8 |

Die Tabelle zeigt, dafs Luftdurchspülung eines keimarmen Wassers sehr wohl dessen Keimzahl niedrig hält, dafs aber erst

bei Hinzutreten niederer Temperaturverhältnisse eine keimtötende Wirkung eintritt.

Es handelte sich bei dem Versuche nur um die Einwirkung auf die gewöhnlichen Wasserbakterien, wie sie in dem tadellosen Freiburger Leitungswasser vorkommen. Um nun des weiteren auch das Verhalten von unreinem Wasser unter den gleichen




Kurve zu Tabelle A.

Verhältnissen festzustellen, wurde das trübe und etwas faul riechende Wasser eines Freiburger Umflutgrabens zur Entfernung grober Verunreinigungen mit Fliefspapier filtriert, wegen der hohen Keimzahl mit vier Teilen Leitungswasser verdünnt und damit zwei sterile Apparate gefüllt. Apparat Nr. I wurde bei Eiskühlung mit Luft durchspült, Nr. II diente als Kontrolle. Alles Übrige wie bei Versuch A.

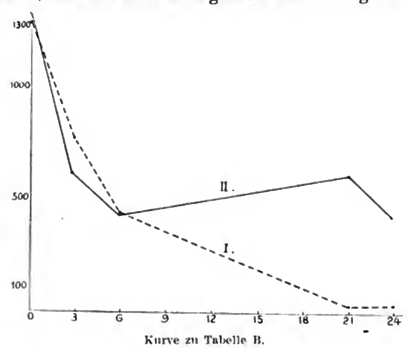
Tabelle B.

| | Luftdurchspülung und Eiswasserkühlung Nr. I | Kontrolle Nr. II |
|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn des Versuches pro 1 ccm | 1357 | 1357 |
| » nach 3 Stunden | 715 | 620 |
| » » 6 » | 441 | 416 |
| » » 21 » | 45 | 627 |
| » » 24 » | 45 | 449 |

Der Versuch lehrt, dafs bei einem verunreinigten Wasser unter den gegebenen Verhältnissen eine energische Keimverminderung eintritt, so dafs nach 20 Stunden Versuchsdauer nur noch $^1/_{30}$ der Keimzahl zu konstatieren ist. Gleichzeitig sehen

wir auch in dem Kontrollwasser die Keimzahl auf $^1/_3$ sinken; auf letztere Eigentümlichkeit werden wir zusammenfassend am Schlusse der Versuchsserie zu sprechen kommen.

Beide Versuche zeigen, dafs Luftdurchströmung bei Eiskühlung ein starkes Reinigungsmoment ergeben, und es wäre nun denkbar, dafs der Eiskühlung allein dabei der gröfsere Anteil



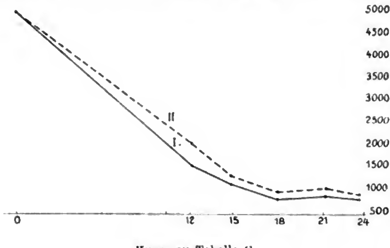

Kurve zu Tabelle B.

zuzurechnen wäre, zumal in dem Versuch A Luftdurchspülung bei Zimmertemperatur sich als weniger wirksam erwiesen hat. Um dieses aufzuklären, wurden bei einem folgenden Versuche eine Wasserprobe der gewohnten Luftdurchspülung und Eiskühlung unterworfen, während eine zweite Probe desselben Wassers in einem sterilen Kochkolben vollständig in schmelzendem Eis gehalten wurde. Das Versuchsresultat war folgendes:

Tabelle C.

| | Luftdurchspülung und Eiskühlung Nr. I | Kontrolle ganz in Eis stehend Nr. II |
|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn des Versuches . . . . | 4579 | 4579 |
| » nach 12 Stunden . . . . . . . . | 1679 | 2085 |
| » » 15 » . . . . . . . . | 1262 | 1574 |
| » » 18 » . . . . . . . . | 702 | 978 |
| » » 21 » . . . . . . . . | 885 | 1015 |
| » » 24 » . . . . . . . . | 777 | 956 |

Da die Kontrollprobe in schmelzendem Eise, also bei 0° gehalten wurde, so konnte natürlich kein nennenswertes Bakterienwachstum mehr erfolgen, anderseits wissen wir, dafs Kälte einen konservierenden Einflufs auf Mikroorganismen ausübt; es bleibt daher für das stetige Fallen der Keimzahl in der Kontrolle das natürliche Absterben der ausgewachsenen Formen als Erklärung übrig. Aber trotz dieser in praxi einer Keimvernichtung gleichkommenden Kältewirkung zeigt sich dennoch durchgehends ein stärkerer Einflufs der Luftdurchspülung mit Eiskühlung, welcher




Kurve zu Tabelle C.

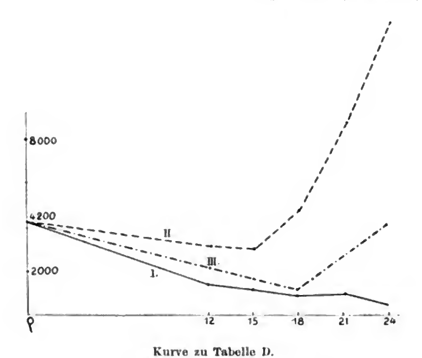
bei den vorhandenen höheren Temperaturen in dem Durchspülungsapparate noch entsprechend höher zu bewerten ist. Die Keimzahl ist durchgehends nieder und ihre Kurve fällt steiler ab.

Um diese bisherigen Versuche nochmals auf ihre Richtigkeit zu prüfen, wurde darauf folgende zusammenfassende Anordnung getroffen: Die Durchspülungsgefäfse werden mit gleichen Wasserproben gefüllt; sodann wird Apparat Nr. I wie bisher bei Eiskühlung mit Luft durchströmt. Apparat Nr. II taucht mit seinem unteren Ende in das nämliche Kühlbassin wie Nr. I, bleibt aber ohne Luftdurchspülung; Apparat Nr. III dient als Kontrolle bei Zimmertemperatur. Bei dieser Anordnung wird in Nr. II eine mäfsige Abkühlung (auf etwa 8° C) erreicht, indem der starken Abkühlung des unteren Teiles der Wassersäule die Erwärmung durch die warme Zimmerluft (15° C) an den oberen Partien entgegenwirkt. Es findet also eine ständige Strömung der verschieden

warmen Wasserteilchen in dieser Probe statt, und es werden dem Apparat Nr. I näherkommende Temperaturverhältnisse geschaffen als dies bei Versuch C der Fall war. Vor der jeweiligen Entnahme werden Nr. II und Nr. III geschüttelt, um eine gleichmäfsige Verteilung der Keime zu erzielen und besonders einen Einflufs der Sedimentation auszuschliefsen.

Tabelle D.

| | Luftdurchspülung u. Eiskühlung Nr. I | Kontrolle bei Zimmertemperatur Nr. II | Kontrolle mit Eiskühlung Nr. III |
|---|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn des Versuches . . . | 4200 | 4200 | 4200 |
| » nach 12 Stunden . . . . . . | 1540 | 3084 | — |
| » » 15 » . . . . . . . | 1320 | 3000 | — |
| » » 18 » . . . . . . . | 802 | 5703 | 1182 |
| » » 21 » . . . . . . . | 902 | 8772 | — |
| » » 24 » . . . . . . . | 576 | 13426 | 4080 |




Kurve zu Tabelle D.

Das Resultat entspricht den gehegten Erwartungen. Schon nach zwölf Stunden ist bei Probe Nr. I eine deutliche Keimverminderung bemerkbar und diese nimmt bis zum Schlusse des Versuches stetig zu, nach 24 Stunden ist nur noch $^1/_8$ der Keimzahl zu konstatieren. Die Kontrolle bei Zimmertemperatur zeigt

ausgesprochene Keimvermehrung, die schliefslich das Dreifache beträgt. Der Apparat Nr. III, von dem nur zu Anfang, in der Mitte und am Ende des Versuches eine Keimzählung vorgenommen wurde, zeigt, abgesehen von der geringeren Keimzahl nach 18 Stunden, konstante Zahl.

Die Temperaturverhältnisse in Apparat II waren durch die besondere Versuchsanordnung derartig beeinflufst, dafs ihr Vorkommen natürlicherweise in Flufsläufen nicht denkbar ist. Dieser Versuch hat daher auch nur theoretischen Wert und mufste bezüglich der Temperatur in den Durchlüftungsapparaten durchaus abgeändert werden, um eine praktische Beweiskraft zu erhalten. Wie oben erwähnt, ergaben unsere Temperaturmessungen der drei Schwarzwaldbäche eine Durchschnittstemperatur von 8° C (Min. + 1°, Max. + 12,2° C). Diese Mitteltemperatur von 8° C liefs sich nun leicht in einem 10 l-Bassin durch ständigen Zuflufs von Leitungswasser erreichen, so dafs die ständigen Thermometerbeobachtungen nur Schwankungen bis zu 1° erkennen liefsen. In ein solches Bassin wurden die Apparate bis zur Schäumkugel eingetaucht. Die Versuchsdauer betrug 24 Stunden. Das verwendete Wasser entstammte dem bereits erwähnten Umflutgraben und war zur Hälfte mit Leitungswasser verdünnt. Es ergab sich folgendes:

Tabelle E.

| | Probe mit Luftdurchspülung bei 8° C | Kontrolle ohne Luftdurchspülung bei 8° C |
|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn des Versuches pro 1 ccm | 9 404 | 9 404 |
| » nach 3 Stunden » 1 » | 10 260 | 12 430 |
| » » 6 » » 1 » | 15 368 | 15 552 |
| » » 9 » » 1 » | 11 784 | 13 872 |
| » » 21 » » 1 » | 1 200 | 5 288 |
| » » 24 » » 1 » | 2 112 | 6 408 |

Die Herabminderung der Keimzahl in dem Apparate mit Luftdurchspülung tritt in vorliegendem Falle bei der Probeentnahme nach 21 Stunden deutlich hervor, und der Versuch beweist, dafs auch Temperaturverhältnisse, wie sie in Wirklichkeit

bei Gebirgsbächen vorkommen, durchaus geeignet sind, eine Keimvernichtung durch die atmosphärische Luft zu ermöglichen, sofern nur eine innige und ausgiebige Berührung der Luft mit den Wassermassen durch den sprudelnden und schäumenden Verlauf der Bäche gewährleistet wird.

Bis jetzt hatten wir die Versuchsdauer aus praktischen Gründen nicht über 48 Stunden ausgedehnt, und es erschien daher angebracht, noch einen analogen Versuch über sieben Tage anzustellen. Das Ergebnis war folgendes:

Tabelle F.

| | Luftdurchspülung u. Eiskühlung Nr. I | Kontrolle bei Eiskühlung Nr. II | Kontrolle bei Zimmertemperatur Nr. III |
|---|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn des Versuches . | 12 712 | 12 712 | 12 712 |
| a) » nach 23 Stunden . . . . | 4 360 | 14 990 | 28 000 |
| b) » » 46 » . . . . | 2 574 | 115 200 | ∞ |
| c) » » 55 » . . . . | 1 720 | 120 000 | ∞ |
| d) » » 69 » . . . . | 2 604 | ∞ | ∞ |
| e) » » 78 » . . . . | 2 484 | ∞ | ∞ |
| f) » » 100 » . . . . | 9 152 | 312 624 | 864 000 |

Das Wasser wurde dem obenerwähnten Umflutgraben entnommen und mit Fliefspapier filtriert; von einer Verdünnung mit Leitungswasser wurde diesmal Abstand genommen, damit ein an organischer Substanz verhältnismäfsig reiches Versuchswasser der Luftoxydation ausgesetzt würde. Apparat Nr. I und Nr. II tauchten in ein gemeinschaftliches Kühlbassin ein. Wie ersichtlich, wurde die Keimzahl durch Luftdurchspülung und Eiskühlung in zwei Tagen auf $1/6$ der ursprünglichen herabgesetzt und bleibt konstant bis zur fünften Probeentnahme. Nach dieser, also nach 78 Stunden, wurde die Eiskühlung unterbrochen, während die Luftdurchspülung bis zu 100 Stunden fortgesetzt wurde. Bei der jetzt entnommenen Probe zeigte sich, dafs die Keimzahl infolgedessen um das Dreifache gestiegen war. Die beiden Kontrollen zeigen eine stetige Keimzunahme, so dafs bei Kontrolle II nach der dritten, bei Kontrolle III schon nach der ersten Entnahme eine Zählung nicht mehr möglich ist. Bei der letzten Entnahme

nach 100 Stunden wurde die Keimzahl dadurch bestimmt, dafs starke Verdünnungsplatten angelegt wurden. Anschliefsend an diesen Versuch wurde in den drei Wasserproben die oxydable Substanz mit Kaliumpermanganat bestimmt; in Probe I, welche der Luftdurchspülung ausgesetzt war, fand sich bei weitem der geringste Gehalt an organischer Substanz.

Auf Grund der angeführten Versuchsserie glauben wir uns zu folgenden Schlüssen berechtigt:

**Mit Hilfe von Luftdurchspülung und gleichzeitiger Abkühlung wird die Keimzahl eines Wassers beträchtlich herabgesetzt und dauernd niedrig erhalten.**

**Abkühlung allein übt einen wachstumhemmenden, im günstigsten Falle, wenn das Wasser auf 0° gehalten wird, einen mäfsigen keimvermindernden Einflufs aus.**

**Diese Erscheinungen sind um so ausgeprägter, je mehr es sich um den Einflufs auf verunreinigende Bakterien, nicht typische Wasserkeime handelt.**

Fragen wir uns, worin wohl unter den angeführten Versuchsbedingungen der eigentliche Grund für die Herabsetzung der Keimzahl zu suchen ist, so können dafür nur zwei Momente namhaft gemacht werden: die dauernde und energische Erschütterung der Wassermassen und zweitens die Einwirkung der Luftgase. Über die Beeinflussung des Bakterienwachstums durch mechanische Erschütterung sind schon von sehr vielen Autoren [siehe die Zusammenstellung bei Wolffhügel und Riedel (10)] ausgedehnte experimentelle Untersuchungen angestellt worden, ohne dafs die Frage in positivem oder negativem Sinne entschieden ist. Jedenfalls scheint der mechanische Vorgang nur in Verbindung mit anderen noch nicht sicher erkannten Einflüssen, welche die Anordnung des Versuches mit sich bringt, wirksam zu sein. Es läfst sich daher auch in vorliegendem Falle eine Keimvernichtung oder Wachstumshemmung durch Bewegung nicht absolut ausschliefsen. Da jedoch bei gleich energischer Bewegung das physikalische Verhalten des Wassers, d. h. seine Temperatur von

offenbar ausschlaggebendem Einflufs auf den Reinigungseffekt bei der Luftdurchspülung ist, so mufs im wesentlichen für die Herabsetzung der Keimzahl ein Umstand mafsgebend sein, der den Temperaturverhältnissen der Wassermasse entsprechend sich ändert, und dieses ist die Einwirkung der Luftgase.

Von den verschiedenen Luftgasen kann in vorliegendem Falle als wirksam nur der Sauerstoff der Luft in Betracht kommen, denn es liegen bis jetzt keinerlei Beobachtungen vor, welche gestatten, dem N oder $CO_2$ in der Luft einen Einflufs auf Bakterienwachstum zuzuschreiben, und anderseits spricht die Verringerung der oxydablen Substanz in den luftdurchspülten Proben für einen abgelaufenen Oxydationsvorgang. Ob dieser letztere nun dem gewöhnlichen inaktiven Luftsauerstoff oder einer besonderen Modifikation desselben (aktiv als Ozon oder in statu nascendi aus $H_2 O_2$ abgespalten) zuzuschreiben ist, lassen wir dahingestellt, jedenfalls gelang es uns nicht mit den gewöhnlich üblichen Methoden eine solche Modifikation nachzuweisen. Luftsauerstoff ist im Wasser 15 °C zu 35 % Vol. absorbiert, die absolute Gröfse seiner Absorption in Wasser wächst, wie bei allen Gasen, mit sinkender Temperatur. Aus den eben angeführten Gründen ist man wohl berechtigt, den Luftsauerstoff als Agens für die Keimverminderung bei der Luftdurchspülung des Wassers zu erachten. Da nun des weiteren durch die Versuchsanordnung alle anderen Momente, die für eine natürliche Selbstreinigung in Betracht kämen, ausgeschaltet sind, so ist der Rückschlufs gestattet, dafs auch bei der Selbstreinigung von Wasserläufen, wenigstens bei Gebirgsbächen mit niederer Temperatur, der keimvernichtende Einflufs der Luft hoch zu bewerten ist.

Das verschiedenartige Verhalten der Keimzahl in den nicht mit luftdurchströmten Wasserproben bedarf noch besonderer Untersuchungen; Cramer, Bolton, Rubner, Leone u. a. haben in stehenden Wässern stets ein anfängliches Steigen und nachträgliches Sinken der Keimzahl konstatiert, während Lehmann (12) angibt, dafs bei zu Beginn des Versuches sehr hoher Keimzahl häufig auch ein sofortiges Sinken der Keimzahl beobachtet wird.

Wir sind der Meinung, dafs für das Verhalten der Keime in stagnierenden Wassermassen neben anderem auch die Entnahmequelle verantwortlich sei und zwar insofern, als offenbar ein Unterschied in dem Verhalten solcher Wasserproben bestehen mufs, je nachdem dieselben der Tiefe eines Brunnens, einem offenen Wasserlauf oder dem Hahn einer Wasserleitung entnommen sind. Bei der Entnahme aus einem Flufslauf im speziellen käme alsdann das Stadium der natürlichen Selbstreinigung für das weitere Verhalten der entnommenen Probe besonders in Betracht. Da diese Selbstreinigung in einer Kurve verläuft und mit Einschränkung — hauptsächlich in biologischer Beziehung — sich auch in der entnommenen Probe fortsetzt, so mufs das Verhalten der Keimzahl, entsprechend der Zeit der Entnahme (ob bei sinkender oder steigender Tendenz), ein verschiedenartiges Kurvenbild liefern. Auch in den Tabellen der II. Abteilung dieser Arbeit haben wir mitunter ein sofortiges Sinken der Keimzahl gefunden.

Nachdem sich so gezeigt hatte, dafs der Sauerstoff schon unter natürlichen Verhältnissen eine starke keimtötende Wirkung auf Wasserbakterien im weitesten Sinne ausübt, und nachweisbar überdies bei dem neuerdings eingeführten und erprobten Ozonisierungsverfahren die künstliche Verwendung des O in einer aktiven Modifikation als $O_3 = O\langle{}^{O}_{O}$ (mit $O=O$ doppelt gebunden) eine noch ausgiebigere ist, so mufste sich die Frage aufwerfen, ob nicht chemisch nahestehende Formen des O, womöglich einfachere und billigere, sich finden liefsen, welche einen schädigenden, abtötenden Einflufs auf im Wasser befindliche bzw. pathogene Bakterien auszuüben vermögen. Unter den hierher gehörigen chemischen Körpern mufste das Wasserstoffsuperoxyd: $H_2O_2$ als der einfachste und wirksamste in Betracht gezogen werden.

Die Wirkungsweise des $H_2O_2$ ist der des Ozons sehr nahestehend, denn bei beiden stellt der Sauerstoff das wirksame Prinzip dar. Während jedoch das Ozon schon an und für sich oxydierend wirkt, indem es leicht ein Sauerstoffatom abgibt, und die beiden übrigbleibenden Sauerstoffatome des Ozonmoleküls sich zu in-

aktiven Sauerstoff O = O aneinanderlagern, mufs in dem $H_2O_2$ erst durch organische Körper, Bakterien oder katalytisch wirkende Substanzen ($FeSO_4$) ein Sauerstoffatom abgespalten werden, und dieses übt dann in statu nascendi, also auch in einer aktiven Form des O, seine oxydierende bzw. desinfizierende Wirkung aus. Wie im einzelnen der Angriff des aktiven Sauerstoffs bei der Wasserdesinfektion auf den Bakterienleib und die übrigen organischen Substanzen im Wasser erfolgt, ob der Lebensprozefs der niedersten Lebensformen dabei eine Rolle spielt und eine vorzügliche Inangriffnahme der organisch-lebendigen Substanz bedingt, entzieht sich vorläufig noch unserer Kenntnis.

Über die desinfizierende Kraft des $H_2O_2$ liegen nun bereits eine grofse Reihe von Arbeiten vor, und wir wollen hier nur kurz diejenigen, welche sich auf seine Verwendung als Trinkwasserdesinfiziens beziehen, erwähnen: Die ersten Untersuchungen in diesem Sinne wurden von van Hettinga Tromp 1887 angestellt, der zu folgenden Resultaten gelangte: $H_2O_2$ ist imstande, alle Keime im Wasser abzutöten. Die erforderliche Menge $H_2O_2$ ist dabei von der Menge und der Natur der Keime abhängig. Es genügt, um gewöhnliches, verunreinigtes Trinkwasser zu sterilisieren, ein Zusatz von 1 : 5000 bis 1 : 50000. Im speziellen werden Typhusbazillen bei Zusatz von 2 : 10000 in 24 Stunden, 5 : 10000 in 5 Minuten abgetötet. Für Choleravibrionen genügt 1 : 10000, um sie in weniger als 5 Minuten zu vernichten, dagegen erfordern Milzbrandsporen einen Zusatz von 5 : 10000 und 24 stündige Einwirkung zu ihrer Vernichtung. Diese Resultate van Hettinga Tromps wurden zunächst von Professor Uffelmann ([26]) und auf seine Veranlassung von Dr. Altehoefer, Rostock ([16]), einer Nachprüfung unterworfen, die zu wesentlich anderen Ergebnissen führte. Zur vollständigen Vernichtung der gewöhnlichen und pathogenen Wassermikroben hält Altehoefer eine Konzentration des $H_2O_2$ von 1 : 1000 mit 14 stündiger Einwirkung für unbedingt erforderlich. Im übrigen erachtet er mit van Hettinga Tromp $H_2O_2$ in den angewandten Mengen für ein schätzenswertes und völlig unschädliches Desinfektionsmittel zur Trinkwasserbereitung. Einen teilweise noch ungünstigeren Desinfektionseffekt

des $H_2O_2$ konstatierte 1894 P. F. Schilow ([18]). Ausgehend von dem sicherlich richtigen Gedanken, dafs die Anwendung ganz verschiedener Präparate des leicht zersetzlichen $H_2O_2$ die verschiedenen Versuchsergebnisse der Autoren bedinge und erkläre, stellte er sich nach Crismers Angaben durch Ätherextraktion ein von anorganischen Salzen und Mineralsäuren freies $H_2O_2$ dar, das mit Ag $NO_3$ sich nicht mehr trübte, und wobei der Niederschlag nach Zusatz von Ätzbaryt sich klar in HCl löste. Unter Verwendung so hergestellter $H_2O_2$-Lösung findet nun Schilow folgendes: Choleravibrionen sollen bei einem Zusatz 1 : 200 in 5 Minuten, bei 1 : 300 noch nicht in 1 Stunde abgetötet werden (NB. die Versuche wurden in Bouillonaufschwemmung angestellt). Typhus wurde bei 1 : 300 bis 400 in 30 Minuten, bei 1 : 1000 in 3 Stunden vernichtet. Auffallend ist übrigens, dafs dieser Autor im Gegensatz zu anderen Forschern für Choleravibrionen eine höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber der Einwirkung des Desinfiziens konstatiert als für Typhusbazillen. Zu diesen Arbeiten, die sich auf die Ermittlung des Desinfektionswertes von $H_2O_2$ und um dessen Brauchbarkeit zur Trinkwasserbereitung beziehen, gesellt sich dann noch eine Untersuchung von Gottstein, welche ein auffallendes Symptom bei der $H_2O_2$-Einwirkung, nämlich die Entwicklung von Gasblasen, als Ausgangspunkt wählt. Diese Gasentwicklung bei $H_2O_2$-Wasserdesinfektion ist nach Gottstein bezüglich der Quantität des entwickelten Sauerstoffs, sowie bezüglich der Intensität seiner Abspaltung proportional der in der Flüssigkeit enthaltenen Bakterienmenge, vorausgesetzt, dafs keine lebenden Zellen sonst in der Flüssigkeit vorhanden sind. Diese Annahme veranlafste Gottstein, $H_2O_2$ als makroskopischen Indikator für den Bakteriengehalt von Wasserproben zu empfehlen, da erst bei einem Gehalt von über 1000 Bakterien in 1 ccm diese Reaktion deutlich auftrete. Diese letztere Behauptung besteht jedoch nur dann zu Recht, wenn aufser den Bakterien keinerlei durch $H_2O_2$ oxydierbare Substanzen im Wasser vorhanden, und Laser ([20]), der die Behauptungen Gottsteins widerlegte, wies nach, dafs sogar in sterilem Wasser Gasentwicklung erfolge, also von Keimen vollständig unabhängig.

Auf Grund einer grofsen Reihe von Desinfektionsversuchen mit $H_2O_2$, die wir, ausgehend von den Angaben Altehoefers, dafs eine Konzentration 1 : 1000 bei 24stündiger Einwirkung am geeignetsten sei, im S. S. 1903 systematisch durchführten, fanden wir einen Zusatz von 0,1—0,2 : 1000 $H_2O_2$ zur Erzielung einer praktischen Wasserdesinfektion für ausreichend, vorausgesetzt, dafs man ein einwandfreies $H_2O_2$, wie es das Mercksche 30proz. $H_2O_2$ darstellt, verwendet und die Gewinnung keines sterilen, sondern eines möglichst keimarmen Wassers im Auge hat. Von diesen Versuchen seien nur die letzten ausschlaggebenden hier aufgeführt: Das Versuchswasser wurde einem Umflutgraben entnommen, zur Entfernung der Schwebestoffe mit Fliefspapier filtriert, zn je 500 ccm auf sterile Glaskolben gefüllt und mit $H_2O_2$ in 1proz. Lösung versetzt, so dafs eine Lösung 0,1 : 1000 entstand. Es wurden zwei gleiche Kolben mit $H_2O_2$ in dieser Weise behandelt, ein dritter diente zur Kontrolle.

Tabelle G.

| Umflutgraben-Wasser, unverdünnt | I. Probe Zusatz $H_2O_2$ : 0,1 : 1000 | II. Probe Zusatz $H_2O_2$ : 0,1 : 1000 | Kontrolle ohne $H_2O_2$-Zusatz |
|---|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn der Versuches . . . | 41 400 | 41 400 | 41 400 |
| » nach 1¼ Stunden Versuchsdauer | 10 368 | 13 920 | 32 256 |
| » » 4½ » » | 8 256 | 11 424 | 24 320 |
| » » 7¼ » » | 6 336 | 6 432 | 39 744 |
| » » 10 » » | 6 240 | 5 888 | 45 312 |
| » » 24 » » | 252 | 54 | ∞ |
| **Parallelversuch.** | | | |
| Keimzahl bei Beginn des Versuches . . . | 15 792 | | 15 792 |
| » nach 14 Stunden Versuchsdauer | 168 | | ∞ |
| » » 17 » » | 19 | | ∞ |
| » » 24 » » | 8 | | ∞ |

In der ersten Reihe dieses Doppelversuches setzt ein Gehalt von $H_2O_2$ 1,0 : 10000 die sehr hohe Keimzahl in einem unreinen Wasser (nähere Angaben später) in 24 Stunden von 41 400 auf

54 Keime herab. In der zweiten Serie ist der Erfolg noch ausgesprochener. Die Proben wurden wiederholt und besonders vor jeder Entnahme durchgeschüttelt, die Zählung der Gelatineplatten wurde so spät wie möglich vorgenommen, damit auch etwa sehr langsam wachsende Kolonien mit in Rechnung kämen.

Ein weiterer Versuch war folgender: Zu Kolben mit 500 ccm sterilem Wasser wurden 0,5 ccm von 24 stündiger, dichtgewachsener Typhus- und Cholerakultur (Bouillon) zugesetzt, so dafs 2 Kolben mit Cholera, 2 mit Typhus infiziert wurden. $^1/_2$ Stunde nach der Infizierung wurden die Kolben tüchtig durchgeschüttelt, von jedem eine Kontrollprobe von 1 ccm entnommen und damit 4 Bouillonröhrchen infiziert. Darauf wurden die Kolben mit dem aus der Tabelle ersichtlichen Prozentsatz von $H_2O_2$ versetzt, und nach bestimmten Zeiträumen Probekulturen in der Weise angelegt, dafs je 1 ccm von dem Inhalt eines Kolbens — nach vorherigem Schütteln desselben — zu einem Kulturröhrchen mit 9 ccm steriler Bouillon, und von diesem wiederum 1 ccm in ein zweites gleiches Röhrchen gegeben wurden. Diese Anordnung wurde getroffen, um eine etwaige Hemmungswirkung durch mitübertragenes Desinfektionsmittel auszuschliefsen. Die beschickten Bouillonröhrchen wurden bei 37° gehalten.

Tabelle H.

| Steriles Wasser: | Zusatz $H_2O_2$ : 0,25 : 1000 $H_2O$ | | | | Zusatz $H_2O_2$ : 0,125 : 1000 $H_2O$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Klb. I: Typhus | | Klb. II: Cholera | | Klb. III: Typhus | | Klb. IV: Cholera | |
| | 1 : 10 | 1 : 100 | 1 : 10 | 1 : 100 | 1 : 10 | 1 : 100 | 1 : 10 | 1 : 100 |
| Entnahme nach: | | | | | | | | |
| $^1/_2$ Stunde | — | + | — | — | + | + | — | — |
| 1 » | — | — | — | — | + | + | — | — |
| $1^1/_2$ Stunden | — | — | — | — | — | + | — | — |
| 2 » | — | — | — | — | — | + | — | — |
| 3 » | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 4 » | — | — | — | — | — | — | — | — |

+ = **Wachstum, Bouillon getrübt,**
— = **kein Wachstum, Bouillon blank.**

Der Versuch lehrt, dafs durch 0,125 : 1000 $H_2O_2$ Typhusbazillen in weniger als 4 Stunden, Choleravibrionen in weniger

als $^1/_2$ Stunde abgetötet wurden.[1]) Die zu Beginn entnommenen Kontrollröhrchen zeigten üppiges Wachstum. — Diesen Versuch wiederholten wir mit der Modifikation, dafs keimreiches Flufswasser als Ausgangsmaterial verwendet und jedem Kolben 0,25 ccm Typhus und gleichzeitig 0,25 ccm Cholerabouillon zugesetzt wurde. Neben den Bouillonkulturen wurden noch Gelatineplatten angelegt, und nach 6 Stunden Versuchsdauer der ganze Kolbeninhalt in alkalische 1 proz. Peptonkochsalzlösung verwandelt, um eventuell durch Anreicherung Choleravibrionen nachweisen zu können. Bei Beginn des Versuches wurden 25000 Keime pro 1 ccm gezählt; bei der ersten Probeentnahme nach 3 Stunden war das Maximum der gezählten Keime 35 pro 1 ccm. In keinem Falle gelang es uns, Choleravibrionen durch die Nitrosindolreaktion, welche die verwendete Stammkultur ausgesprochen gibt, nachzuweisen. Die spezielle Untersuchung auf Typhus durch Agglutination konnte bei dem Vorhandensein vieler anderer wie Typhus wachsender Bakterien, nur an Stichproben und hier mit negativem Resultat durchgeführt werden. Bezüglich der Typhusabtötung kann deshalb kein definitives Urteil gefällt werden (man mufs mit geeigneteren Nährmedien, Anreicherung nach Hoffmann und Ficker und Kultur auf v. Drigalski- und Conradi-Nährböden nachuntersuchen), und wir unterlassen daher die Anführung der Tabelle.

In keinem Falle wurde bei den Versuchen mit natürlich-keimhaltigen Wasser bei einem $H_2O_2$-Zusatz von 0,1 : 1000 $H_2O_2$ Keimfreiheit, sondern nur erhebliche Verringerung der Keimzahl erzielt, und es war von Anfang an auch nicht die Absicht, alle Keime zu vernichten. Ein absolut keimfreies Trinkwasser — dessen Bereitung die meisten Autoren als Endziel betrachten — ist für den menschlichen Organismus, dessen Verdauungsprozefs zum grofsen Teil auf die Tätigkeit von Mikroorganismen angewiesen ist, durchaus nicht erforderlich, und wenn auch die gewöhnlichen Wasserbakterien sicherlich keine Bedeutung für

1) Mehrere Kontrolluntersuchungen mit Gelatineplattenverfahren zeigten, dafs je nach der absoluten Menge der zugesetzten Spaltpilze die Keimfreiheit früher oder später eintrat. (Siehe auch letzten Absatz.)

den Tierkörper haben, ihr Fehlen also kein Nachteil ist, so bleibt dennoch »keimfreies Trinkwasser« eine übertriebene Anforderung. Zudem haben vor kurzem Proskauer und Schüder bei der Untersuchung der Wiesbadener Ozonisierungsanlagen bewiesen, wie ein Desinfektionsmittel (im angeführten Falle Ozon) die pathogenen Keime eines Wassers wohl abtöten kann, ohne dabei das Wasser keimfrei zu machen. Ein gleiches Verhalten möchten wir auch für das analog wirkende $H_2O_2$ annehmen, ohne vorerst den strikten Beweis dafür erbracht zu haben.

Alle bisherigen Versuche waren mit eisenfreiem Wasser angestellt, und der Gedanke, dafs ein Eisengehalt die Wirkung des $H_2O_2$ irgendwie beeinflussen könnte, gab uns Anlafs zu folgenden Versuchen. Ein Kolben wurde wie vorher mit 0,1 : 1000 $H_2O_2$ versetzt, einem zweiten wurde aufserdem noch 0,02 : 100 $FeSO_4$ zugegeben, ein dritter diente ohne Zusatz als Kontrolle. $FeSO_4$ verursacht in dieser Menge eine kaum merkliche Trübung und kommt natürlicherweise in Gewässern vor, ohne dieselben ungeniefsbar zu machen; es nimmt sehr begierig Sauerstoff auf und fällt mit ihm als wasserunlösliche Eisenverbindung aus. $FeSO_4$ könnte nun sowohl förderlich als hinderlich für die $H_2O_2$-Desinfektion sein; es könnte die Wirkung des $H_2O_2$ begünstigen, indem es als katalytisch wirkende Substanz die Umsetzung des $H_2O_2$ und den Übertrag des O auf oxydable Substanzen beschleunigen oder hemmen durch Eigenverbrauch von nascierendem Sauerstoff. Jedenfalls tritt bei Zusatz von $H_2O_2$ zu ferrosulfat-haltigem Wasser ein rascherer Ausfall der Eisenverbindung ein. Der unter den ebenangeführten Gesichtspunkten angestellte Versuch hatte folgendes Ergebnis:

Tabelle I.

| | Wasser + Zusatz von 0,1 : 100 $H_2O_2$ Nr. I | Wasser + 0,1 : 1000 $H_2O_2$ + 0,02 : 1000 $FeSO_4$ Nr. II | Kontrolle Nr. III |
|---|---|---|---|
| Keimzahl bei Beginn des Versuches | 2 888 | 2 888 | 2 888 |
| » nach $1^1/_2$ Stunden . . . | 144 | 96 | — |
| » » $2^1/_2$ » . . . | 11 | 17 | 1 296 |
| » » 4 » . . . | 3 | 2 | — |
| » » 5 » . . . | 5 | 3 | — |
| » » $6^1/_2$ » . . . | 4 | 3 | 386 |

Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist man durch einen Zusatz von 1 : 1000 $H_2O_2$ imstande, ein keimreiches Wasser, unabhängig von einem gleichzeitig vorhandenen löslichen Eisensalz, in weniger als 4 Stunden in keimarmes Wasser zu verwandeln. Zur Sicherung wurde dieser Versuch wiederholt und noch auf zwei weitere wasserlösliche Eisenpräparate ausgedehnt, nämlich Ferrum carb. saccharat. und Ferrum oxydat. saccharat. Das Ausgangswasser wurde wiederum einem Umflutgraben entnommen und um das Zehnfache mit Leitungswasser verdünnt. $H_2O_2$-Zusatz 0,1 : 1000; Zusatz der Eisensalze 0,02 : 1000.

Tabelle K.

| | Umflutgraben-Wasser | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I. Ohne Zusatz Kontrolle | II. Mit Zusatz von 0,1 : 1000 $H_2O_2$ + 0,02 : 1000 Ferr. carb. sacch. | III. Mit Zusatz von 0,1 : 1000 $H_2O_2$ + 0,02 : 1000 Ferr. oxyd. sacch. | IV. Mit Zusatz von 0,1 : 1000 $H_2O_2$ + 0,02 : 1000 $FeSO_4$ | V. Mit Zusatz von 0,1 : 1000 $H_2O_2$ |
| Keimzahl bei Beginn des Versuches abends 9 Uhr | 2 686 | 2 686 | 2 686 | 2 686 | 2 686 |
| » nach 12 Stunden . . . | 998 | 6 | 5 | 3 | 5 |
| » » 18 » . . . | 464 | 5 | 5 | 3 | 7 |
| » » 24 » . . . | 1 160 | 5 | 3 | 4 | 7 |
| **Parallelversuch.** | | | | | |
| Keimzahl bei Beginn des Versuches morgens 9 Uhr | 9 024 | 9 024 | 9 024 | 9 024 | 9 024 |
| » nach 6 Stunden . . . | 6 812 | 11 | 4 | 9 | 10 |
| » » 12 » . . . | 3 904 | 14 | 4 | 6 | 6 |
| » » 24 » . . . | 3 792 | 2 | 3 | 4 | 2 |

Die Wasserproben zeigen ein gleiches Verhalten wie bei Versuch J; insonderheit übt auch der Zucker in den Saccharateisenverbindungen, der darin ja im Überschufs vorhanden, keinen störenden Einflufs auf den Reinigungseffekt aus, und es scheint uns dieser Umstand darauf hinzudeuten, dafs wiederum, ähnlich wie bei der Ozonisierung, der Angriff des nascierenden O leichter auf die lebende Bakteriensubstanz — nach Gottstein sollen

die Nukleoalbumine durch $H_2O_2$ besonders leicht oxydiert werden — als auf die übrigen organischen Substanzen erfolgt. Dafs im übrigen die absolute Anzahl der Bakterien oder leicht oxydabler organischer Substanz bei einem so einfachen chemischen Körper, wie ihn das $H_2O_2$ darstellt, einen deutlichen Einflufs auf die Desinfektionsbreite ausübt (siehe Schilow u. a.), bedarf keines Beweises, aber solange die Gröfse der Affinität des O zu den einzelnen Substanzen nicht festgelegt ist, gestattet die Struktur eines Oxydationsmittels keinen Schlufs auf seine Ergiebigkeit als keimtötendes Mittel. Das $H_2O_2$ ist bei 0,1 : 1000 Zusatz noch nach Tagen in Wasser nachweisbar; so wurde z. B. in der Wasserprobe (Tab. G) nach 4 Tagen noch ein Gehalt von 0,057 : 1000 $H_2O_2$ titrimetrisch nachgewiesen. Der Gehalt an organischer Substanz betrug am 4. Versuchstage in der Kontrolle (ohne $H_2O_2$): 5,45 ccm, in der mit $H_2O_2$ versetzten Probe: 2,9 ccm $\frac{1}{100}$ Normal-Kaliumpermanganatlösung.

Diese Zahlen wurden dadurch gewonnen, dafs zunächst in der Kälte unter $H_2SO_4$-Zusatz mit $^1/_{100}$ N. $KMnO_4$-Lösung bis zur schwachen Rotfärbung titriert wurde; der Verbrauch wurde auf $H_2O_2$ bezogen. — Wir waren hierzu berechtigt, weil die Kontrolle (ohne $H_2O_2$-Zusatz) nur Spuren von Körpern (Nitriten) aufwies, welche Kaliumpermanganat in der Kälte reduzierten. — Alsdann wurden 20,0 ccm $^1/_{100}$ N. $KMnO_4$ weiter zugegeben und 10 Min. lang gekocht; nach dem Kochen Hinzufügen von 20,0 ccm $^1/_{100}$ N. $(COOH)_2$ und Zurücktitrieren des Überschusses an Oxalsäure wieder bis zur schwachen Rotfärbung. Der Verbrauch an Kaliumpermanganat in der Hitze wurde, wie üblich, auf oxydable (organische) Substanz bezogen. Alle diese Bestimmungen wurden doppelt ausgeführt.

Auch hier zeigt sich also wieder, dafs $H_2O_2$, wenigstens in der Konzentration 0,05 : 1000 neben oxydabler Substanz in Lösung bestehen kann. Ein analoges Verhalten findet sich bei $H_2O_2$-Zusatz zu alkalischer Bouillon. Solche Bouillon mit $H_2O_2$ im Verhältnis 0,1 : 1000 versetzt und im Brutschrank bei 37° gehalten, gibt noch nach Tagen sichere $H_2O_2$-Reaktion. Bringen

wir zu dieser Bouillon nun Typhuskulturaufschwemmung, so tritt bei mäfsigem Zusatz (etwa 2 gtt. einer 24stündigen Bouillonkultur) ein Absterben der Typhusbazillen ein, die Bouillon bleibt dauernd klar und $H_2O_2$-Reaktion positiv; setzen wir nunmehr zu einem solchen Bouillonröhrchen noch weiter Typhuskultur in genügender Menge (2—3 Platinösen Agarkultur) zu, so findet ein Absättigen des noch vorhandenen $H_2O_2$ statt, und der Überschufs an Typhusbazillen kann sich nun vermehren; untersuchen wir jetzt auf $H_2O_2$, so läfst sich dasselbe mit Ferrosulfat- und Jodzinkstärkelösung nicht mehr nachweisen. $H_2O_2$ kann also auch in der an organischer Substanz reichen Nährlösung bestehen und zwar in einer Konzentration, die Bakterien noch energisch abzutöten vermag. Erst durch das Zugeben von Bakterien wird es entweder rein chemisch oder biologisch umgesetzt; möglich wäre es auch, dafs beide Zersetzungen nebeneinander stattfänden.

Unter den eben angeführten Gesichtspunkten ist auch die Hemmungswirkung des Wasserstoffsuperoxydes auf Bakterienwachstum in Nährlösung zu betrachten. In der Literatur finden wir sehr verschiedene Zahlen für Wachstumshemmung von Typhusbazillen, z. B. einen Grenzwert von 1,0 $H_2O_2$ : 15000,0 Nährlösung (Bouillon) angegeben. Wir beobachteten wiederholt Wachstum von Typhusbazillen, wenn wir einem Bouillonröhrchen von 10,0 ccm Inhalt so viel Wasserstoffsuperoxyd zusetzten, dafs eine Konzentration 1 : 10000 entstand, und dieses Röhrchen dann mit 4 gtt. einer dichtgewachsenen 24stündigen Typhusbouillonkultur infizierten. Auch bei einem höheren Gehalt, z. B. 1 : 5000 tritt Wachstum ein, sofern nur eine genügende Bakterienmenge zur Infizierung verwendet wird. Das Nährsubstrat wird durch $H_2O_2$-Zusatz offenbar nur wenig verändert; die ganze Hemmungswirkung, wenn man von einer solchen im vorliegenden Falle überhaupt reden darf, ist als quantitativ aufzufassen, d. h. Wasserstoffsuperoxyd und Bakterienmenge reagieren aufeinander; ist $H_2O_2$ im Überschufs, so werden alle Bakterien vernichtet, sind die Bakterien im Übermafs vorhanden, so tritt Wachstum ein.

Diese Wachstumsuntersuchungen pathogener Bakterien in Nährlösung fanden bei 37° statt und gestatten keinen Schlufs auf das Verhalten derselben Bakterien im Wasser bei natürlichen Temperaturverhältnissen. Hier befinden sich diese Mikroorganismen sowohl bezüglich der Temperatur als auch bezüglich ihrer Ernährung in einer meist sehr ungünstigen Lage und haben aufserdem noch den Konkurrenzkampf mit den natürlichen Wasserbakterien zu bestehen, welche auf die vorhandenen Existenzbedingungen akkommodiert sind. Diese Umstände müssen bei der Wasserstoffsuperoxyddesinfektion des Wassers ebensogut ausschlaggebend sein wie die absolute Anzahl der vorhandenen Bakterien. Nähere Untersuchungen hierüber behalten wir uns vor. Zum Schlusse sei noch auf einen Umstand hingewiesen, der die bakterientötende Wirkung der Luftdurchspülung, die wir im ersten Teile dieser Arbeit behandelt, mit der $H_2O_2$-Desinfektion nahe verwandt erscheinen läfst: nach Schöne ([27]) findet sich normalerweise, wenn auch nur in Spuren, in der Luft Wasserstoffsuperoxyd, und es ist daher sehr wohl denkbar, dafs die keimvernichtende Wirkung der Luft unter den angeführten Bedingungen eine $H_2O_2$-Wirkung ist; auch die Selbstreinigung der Flüsse beruht nach Dieudonné, z. B. auf Wasserstoffsuperoxydwirkung.

Überblickt man die angeführten Untersuchungen über Verbesserung des Trinkwassers durch Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd, so ergibt sich, dafs diesem Mittel ein höherer Desinfektionswert und gröfsere Brauchbarkeit zur Trinkwasserbereitung besonders für kleine Verhältnisse zuerkannt werden mufs, als dies bisher der Fall war. Wasserstoffsuperoxyd wird jetzt in 30 proz. haltbarer Lösung in den Handel gebracht; es läfst sich daher zur Wassersanierung auf Expeditionen etc. leicht mitführen und stellt auch für den Hausgebrauch ein wohlverwendbares Desinfektionsmittel dar.

## Literaturverzeichnis.


1. W. Stahl, Bakteriologische und chemische Untersuchungen über Verunreinigung und Selbstreinigung kleinerer Flufsläufe in der Umgebung von Freiburg i. B. Freiburg. Inaug.-Dissert. 1904.
2. Schüder, Die Wassersterilisation. Gesundheits Ing. 03, 12, 194.
3. Leone C., Untersuchungen über die Mikroorganismen des Trinkwassers und ihr Verhalten in kohlensauren Wässern. Arch. f. Hyg. IV, 168.
4. Fromme, Über Beziehungen des metallischen Eisens zu den Bakterien und über den Wert des Eisens zur Wasserreinigung. Marburg. Inaug.-Dissert.
5. Über das Verhalten verschiedener Bakterienarten im Trinkwasser. Ztschr. f. Hyg I, 76.
6. Heraeus, Über das Verhalten der Bakterien im Brunnenwasser sowie über reduzierende und oxydierende Einwirkung der Bakterien. Ztschr. f. Hyg. I, 196.
7. Rossi, Contribution à l'étude bacteriologique des eaux. Genève 1892.
8. Rubner, Beitrag zu der Lehre von den Wasserbakterien. Arch. f. Hyg. XI, 365.
9. Cramer, Die Wasserversorgung von Zürich. 1885.
10. Wolffhügel und Riedel, Die Vermehrung der Bakterien im Wasser, Arb. a. d. K. G. I, 455.
11. Schmidt B., Über den Einflufs der Bewegung auf das Wachstum und die Virulenz der Mikroben.
12. Lehmann B. K., Methoden der praktischen Hygiene. Wiesbaden, Bergmann, 1901, 2. Aufl.
13. Rapp, Über den Einflufs des Lichtes auf organische Substanzen mit besonderer Berücksichtigung der Selbstreinigung der Flüsse. Arch. f. Hyg. 48, 179.
14. Kabrhel, Bakteriolog. u. kritische Studien über Verunreinigung und Selbstreinigung der Flüsse. Arch. f. Hyg. 30, 32.
15. van Hettinga Tromp, Waterstofsuperoxyde tu desinfectie van drinkwater. Inaug.-Dissert., Groningen, Holland, 1887.
16. Altehoefer, Über die Desinfektionskraft von $H_2O_2$ auf Wasser. Zentr.-Bl. 8, 129.

17. Richardson, The aktion of light in preventing putrefactive decomposition: and in inducing the formation of hydrogen peroxide in organic liquids. Zentr. Bl. 16, 42.
18. Schilow, Über Einflufs des $H_2O_2$ auf einige pathogene Mikroorganismen. St. Petersburg, Med. Wochenschr, 1894, Nr. 6.
19. Gottstein, Über Zerlegung des $H_2O_2$ durch die Zellen mit Bemerkungen über eine makroskopische Reaktion für Bakterien. Virch. Arch. LXXXIII, Heft 2.
20. Laser H., Die makroskopische Wasseruntersuchung durch Anwendung von $H_2O_2$. Zentr.-Bl. 16, 182.
21. Weil Th., Keimfreies Trinkwasser mittels Ozon. Zentr.-Bl. 26, 15.
22. Erlwein, Die Trinkwasserreinigung durch Ozon nach Siemens u. Halske. Zentr.-Bl. 30, 410.
23. Schüder, Über das Hühnermannsche Verfahren der Wasserdesinfektion nebst Bemerkungen über die bei der Prüfung derartiger Desinfektionsmittel anzuwendenden Untersuchungsmethoden. Ztschr. f. Hyg. 39.
24. Fraenkel C. und Piefke C., Versuche über die Leistungen der Sandfiltration. Ztschr. f. Hyg. 8, 1.
25. Proskauer und Schüder, Weitere Versuche mit Ozon als Wassersterilisationsmittel im Wiesbadener Ozonwasserwerk. Gesundheits-Ing. 1903, 48, Nr. 3.
26. Uffelmann, 6. Jahresbericht über die Fortschritte und Leistungen auf dem Gebiete der Hygiene. (1885, 47 u. 48.)
27. Schöne, Über den Nachweis des $H_2O_2$ in der atmosphärischen Luft und den atmosphärischen Niederschlägen. Ztsch. f. analyt. Chemie 33, 137.
28. Dieudonné, Beiträge zur Beurteilung der Einwirkung des Lichtes. Arb. a. d. R.-G. 93—94.





# ARCHIV

FÜR

# HYGIENE.

(BEGRÜNDET VON MAX v. PETTENKOFER.)

UNTER MITWIRKUNG

VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Dr. BONHOFF, Marburg a. L.; Prof. Dr. R. EMMERICH, München; Prof. Dr. F. ERISMANN, Zürich; Prof. Dr. HEIM, Erlangen; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr. F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. KABRHEL, Prag; Prof. Dr. F. KRATSCHMER, Wien; Prof. Dr. K. LEHMANN, Würzburg; Prof. Dr. LODE, Innsbruck; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Generalarzt Dr. J. PORT, Würzburg; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ, Graz; Prof. Dr. F. RENK, Dresden; Prof. Dr. SCHOTTELIUS, Freiburg i. B.; Generaloberarzt Dr. A. SCHUSTER, München; Prof. Dr. WERNICKE, Posen.

HERAUSGEGEBEN

VON

J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O. Ö. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU

STRASSBURG MÜNCHEN LEIPZIG BERLIN.

EINUNDFÜNFZIGSTER BAND.

MÜNCHEN UND BERLIN.

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

1904.

# Inhalt.

Seite

Der Nutzwert des Fleischextraktes. Von Dr. Emil Bürgi in Bern. (Aus dem Hygienischen Institut der Universität Berlin) . . . . 1

Über das Verhalten der Extraktivstoffe des Fleisches im Tierkörper. Von Max Rubner . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 19

Die chemische Zusammensetzung des Kotes bei verschiedener Nahrung. Von Dr. med. N. P. Schierbeck. (Aus dem Hygienischen Laboratorium der Universität zu Kopenhagen) . . . . . . . . . 62

Zur Biologie der Fäulnis. Von Dr. Gottlieb Salus. (Aus dem Hygienischen Institut der deutschen Universität in Prag. Vorstand: Prof. Hueppe.) (Mit Tafel I) . . . . . . . . . . . . . . 97

Über Zusammensetzung und Preis von Fleischsorten und Wurstwaren. Von Dr. med. Toyokichi Kita. (Aus dem Hygienischen Institut der Universität Leipzig) . . . . . . . . . . . . . . . . . . 129

Über die Fettbestimmung im Fleisch und Fleischwaren mittels des Gerberschen Azid-Butyrometers. Von Dr. med. Toyokichi Kita. (Aus dem Hygienischen Institut der Universität Leipzig) . . . . 165

Studien zur relativen Photometrie. II. Teil. Vom Dozenten Dr. Stan. Růžička. (Aus dem Hygienischen Institute des Prof. Kabrhel in Prag) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 179

Untersuchungen über einige physikalische Eigenschaften von 50 Kleidungsstoffen, mit besonderer Rücksicht auf die Permeabilität in feuchtem Zustande. Von Dr. med. S. J. de Lange, prakt. Arzt. (Aus dem Hygienischen Institut der Universität zu Amsterdam) . 221

Über die Bildung von homologen und heterologen Agglutininen im Tierkörper. Von Dr. Franz Ballner, k. und k. Regimentsarzt, und Dr. Rudolf Ritter v. Sagasser, Assistent des Institutes. (Aus dem Hygienischen Institut der Universität Innsbruck. Vorstand: Prof. A. Lode) . . . . . . . . . . . . . . . . . 245

Über spezifische Bindung von Agglutininen bei Absorptionsversuchen. Von Dr. Franz Ballner, k. und k. Regimentsarzt, und Dr. Rudolf Ritter v. Sagasser, Assistent des Institutes. (Aus dem Hygienischen Institute der k. k. Universität Innsbruck. Vorstand: Prof. A. Lode) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 266

Seite

Weitere Untersuchungen über den Bau und die allgemein biologische Natur der Bakterien. Von Dr. Vladislav Růžička, Assistenten am Institute. (Aus dem k. k. Hygienischen Institute des Prof. Dr. Gustav Kabrhel in Prag.) (Mit Tafel II) . . . . . . . . 281

Der Wärmehaushalt beim Menschen nach Bädern und Duschen von verschiedener Temperatur. Von Dr. med. Alexander Ignatowski. (Aus der hydrotherapeutischen Abteilung der Klinik von Prof. M. Janowski. St. Petersburg) . . . . . . . . . . . . . . . 319

Über den Einfluſs künstlicher Stoffwechselalterationen auf die Produktion der Antikörper. (Ausgeführt mit Unterstützung der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien.) Von Privatdozent Dr. Paul Th. Müller, Assistent am Institute. (Aus dem Hygienischen Institut der Universität Graz) . . . . . . . . . . . . . . . 365

# Der Nutzwert des Fleischextraktes.

Von

Dr. **Emil Bürgi** in Bern.

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Die Untersuchungen Rubners über die Wirkung der Extraktivstoffe des Fleisches auf die Wärmebildung des tierischen Organismus haben uns gezeigt, dafs nach reichlichen Gaben von Fleischextrakt eine Zunahme der Kohlensäureausscheidung durch die Atmung beim Hunde nicht auftritt, dafs aber der Harn des Versuchstieres Veränderungen zeigt, die nur durch ein Übertreten von Extraktivstoffen in denselben erklärt werden können. Rubner kam somit zu dem Ergebnis, dafs der Fleischextrakt bei seinem Durchgang durch den Organismus keine nennenswerte Umgestaltung erleidet.

Die Untersuchungen Rubners waren durch eine für den Beweis der isodynamen Vertretung der Nahrungsstoffe wichtige Frage veranlafst worden, es handelte sich damals bei ihm darum, die Verbrennungswärme des Muskelfleisches durch Rechnung zu finden. Für die hierzu nötigen Überlegungen spielte die Frage, inwieweit die Extraktivstoffe dem Körper Wärme liefern könnten, eine gewisse Rolle. Doch als kaum ein Jahr später Rubner durch besondere direkte Messungen die Verbrennungswärme des Fleisches im Tierkörper feststellte, hatte die Weiterverfolgung der Extraktfrage kein aktuelles Interesse mehr.

Ich habe aber vor einer Reihe von Jahren die von Rubner zuerst in Angriff genommene Frage wieder aufgenommen und zwar von einem praktischen Gesichtspunkte aus.

Im Laufe der Jahre sind neben dem Liebigschen Extrakte eine Reihe ähnlicher Präparate im Handel erschienen.

Geheimrat Rubner veranlafste mich daher, eine vergleichende Untersuchung solcher Nährstoffe oder Genufsmittel vorzunehmen. Solche Präparate sind — wie es scheint — oft von sehr wechselnder Zusammensetzung; neben offenkundigen Abbauprodukten finden sich eine Reihe von Stoffen höheren Nährwertes, selbst kleine Mengen von Eiweifs, Albumosen und Peptonen, und ihre Wirkung auf den Körper läfst sich a priori nicht voraussagen, vielmehr bedarf es hierzu des Experimentes. Ich habe aufser dem Liebigschen Fleischextrakt nur noch Maggi und Toril in ihrer Wirkung untersucht, werde aber die hierbei gewonnenen Resultate erst mitteilen, wenn ich noch weitere Präparate geprüft haben werde und will jetzt nur über meine mit dem Liebigschen Extrakt ausgeführten Untersuchungen berichten.

Experimente dieser Art sind wesentlich erleichtert und in die richtige Bahn geleitet worden, seitdem Rubner zuerst durch Bestimmungen der Verbrennungswärme des Harns gezeigt hat, wie verschieden die Art und Menge der durch die Nieren gehenden organischen Stoffe sein kann. Der Hungerharn, der Fleischharn, der Eiweifsfütterungsharn, sie alle unterscheiden sich wesentlich voneinander.

Es war der Weg zur praktischen Durchführung meiner Aufgabe also klar gegeben, es handelte sich vor allem darum, die Menge der durch die Nieren abgehenden Bestandteile bei Zufuhr der obengenannten Präparate festzustellen.

Die Versuche wurden im Sommer des Jahres 1900, also vor 4 Jahren, vorgenommen, aber bisher nicht publiziert, da ich immer hoffte, sie noch weiter fortsetzen zu können. Ich fühle mich nun aber doch veranlafst, meine Beobachtungen mitzuteilen, da inzwischen eine Arbeit von Johannes Frentzel und Masujiro Toriyama[1]) veröffentlicht worden ist, die in manchen Richtungen denselben Weg der Untersuchung eingeschlagen hat wie ich, aber zu ganz und gar abweichenden Resultaten gekommen

1) Engelmanns Archiv, 1901, S. 199 ff.

ist. Im Gegensatze zu den Angaben Rubners finden die Genannten: »dafs die eiweifsfreien Extraktivstoffe zu einem recht erheblichen Teil, etwa zu $^2/_3$ ihrer Menge, am Stoffwechsel teilnehmen, d. h. dem Körper Energie liefern.« Frentzel und Toriyama sind, wie aus ihrer ganzen Darstellung hervorgeht, durch die Anschauungen Pflügers, der durch »Überlegungen und Kritik« nachgewiesen zu haben meint, die Extraktivstoffe hätten einen bedeutenden Brennwert, zu ihrer Untersuchung veranlafst worden. Wenn man nichts weiter wollte als dieses, so gab es in der Tat einen recht bequemen Weg und einen der sicherer war als theoretische Überlegungen. Man braucht ja nur die bekannten Angaben über die Verbrennungswärmen der in Frage kommenden Stoffe (Fleisch, Extrakt, Kot, Harn) zueinander in Beziehung zu setzen um herauszufinden, was an der Vermutung Pflügers und an den Ergebnissen Frentzels und Toriyamas richtig sein kann. Die Triebfeder für meine Untersuchungen lag in dem Wunsche, vergleichende Experimente mit verschiedenen Extraktivstoffen anzustellen. Ob der Fleischextrakt ein paar Kalorien mehr oder weniger an verbrennlicher Substanz besitzt, hat gar keine praktische Bedeutung für die Ernährung, da niemand soviel Fleischextrakt geniefst, dafs ihm die mit demselben zugeführten Kalorien ernstlich und auf die Dauer nützen könnten. Die Bedeutung der Extraktivstoffe liegt, wie die praktische Erfahrung lehrt und wie die Versuche von Pawlow in interessanter Weise dargelegt und bewiesen haben, in einer ganz anderen Richtung, nämlich in ihrer Beziehung zu den Verdauungsvorgängen, vor allem in ihrem Einflufs auf den Ablauf der Magenverdauung. Sie geben uns ferner, wie aus den Darlegungen Rubners (Gesetze des Energieverbrauches, S. 423) hervorgeht, die Möglichkeit, die gleiche Wirkung, die das Fleisch auf den Verdauungsprozefs ausübt, einzuleiten, ohne durch Überlastung des Körpers mit Eiweifs eine unter Umständen unerwünschte Steigerung des Kraftwechsels herbeizuführen. Auch hinsichtlich der Bemessung des Energiewertes des Fleisches kann diese Frage unsere Kenntnisse nicht bereichern. Dies alles nimmt ihr aber nicht das theoretisch wichtige Interesse, ob nicht in

beschränktem Umfang — innerhalb engerer Grenzen, als sie von Frentzel angegeben wurden — eine Veränderung der Extraktivstoffe im Körper eintritt, ein Vorkommnis, das mit der von Rubner ausgesprochenen Meinung durchaus nicht im Widerspruch stünde.

Ich habe mich also aus den oben angegebenen Gründen und von den genannten Gesichtspunkten ausgehend an die weitere Bearbeitung der Frage gemacht. Wenn auch die Art der Beobachtung in allgemeinen Zügen feststand, so hatte sich doch bei dem einzigen diesbezüglichen Versuche, der bisher vorlag, eine Schwierigkeit herausgestellt, die in der nicht genügend raschen Ausscheidung der N-haltigen Stoffe des Extraktes durch den Urin lag. Rubner hat diese Beobachtung zuerst gemacht aber allerdings auf den Umstand hingewiesen, dafs bei seinem Versuch ein starkes Zurückhalten von Wasser im Leibe des hungernden Tieres eingetreten war. Da Rubner aber nicht auf die Verhältnisse der Ausscheidung der Extraktbestandteile im Harn seine Schlufsfolgerungen basierte, sondern auf die respiratorischen Vorgänge, bei meinen Experimenten aber gerade von Respirationsanalysen abgesehen werden sollte, spielte die technische Schwierigkeit, die durch eine eventuelle Retention von Stoffen entstehen konnte, für mich eine gewisse Rolle.

Nach diesen Vorbemerkungen will ich meine Versuchsanordnung kurz skizzieren.

Ein Hund von 7—8 kg Gewicht, dem der Harn durch Katheterisieren abgenommen wurde, hungerte 2 Tage lang, dann erhielt er 2 Tage eine bestimmte, näher analysierte Menge Liebigschen Fleischextraktes, worauf wieder 1—2 Hungertage folgten. Bestimmt wurden in den Einnahmen und im Harn N (Kjeldahl) C (im Extrakt im Verbrennungsofen, in den Urinen nach Scholz durch Kochen mit $H_2SO_4$ und Kaliumbichromat und Auffangen der $CO_2$ in Barytwasser) Phosphorsäure (im Extrakt nach Veraschung gewichtsanalytisch in den Urinen durch Titrierung), die Gesamtschwefelsäure und die Asche. Im Harn sollte ferner mittels der Berthelotschen Bombe die Verbrennungswärme bestimmt werden. Es wurden dazu die von anderer Seite emp-

fohlenen Papierpflöckchen zum Aufsaugen des Harnes benutzt. Leider ging dadurch der kalorimetrische Teil des ganzen Versuches verloren. Die Methode eignet sich ganz und gar nicht für die vorliegenden Zwecke. Die Verluste bei dem Eintrocknen, namentlich bei wiederholter Befeuchtung, sind aufserordentlich grofs und können exakt nicht festgestellt werden. Auch das Aufsaugenlassen des eingedickten Harnes hat neben anderem den Nachteil, dafs bei der kapillaren Aufnahme Scheidungen der Substanzen eintreten, und man nicht darauf rechnen kann, im Papier dieselbe Substanz zu finden, die man hat aufsaugen lassen. Aufserdem aber ist das, was man schliefslich zur Verbrennung hat, doch sehr wenig, und die Fehler häufen sich um so mehr, als ja der Harn an sich im allgemeinen eine sehr geringe Verbrennungswärme aufweist.

In einer zweiten Versuchsreihe bin ich zu dem früher von Rubner angegebenen Verfahren zurückgekehrt, habe den Harn im Vakuum bei niedriger Temperatur getrocknet und das entweichende Ammoniak in verdünnter Schwefelsäure aufgefangen, titriert und als Harnstoff in Rechnung gebracht.

Den N-Verlust haben Frentzel und Toriyama, wie sie sagen, unter der Annahme berechnet, dafs der Harn sich gleichmäfsig in allen Teilen zerlege, nicht nur der Harnstoff. »Nach Pflügers Kritik eines Rubnerschen Versuches, bei welchem Harn auf Bimssteinpulver eingedampft wurde, ist diese (d. h. die Annahme der Harnstoffzerlegung. Ref.) damals von Rubner gemachte Annahme, dafs der Gewichtsverlust nur durch eine Zersetzung von Harnstoff bedingt sei, kaum zulässig.« Einen weiteren Grund als dieses fremde Urteil führen Frentzel und Toriyama für ihre andere Art der Berechnung nicht an.

An Stelle solch nutzloser Kritik läfst sich kurz folgendes angeben:

Pflügers Annahme ist unberechtigt, denn

1. geht aus den Angaben Krummachers[1]), die sich auf Versuche aus dem E. Voitschen Laboratorium stützen,

1) Zeitschrift f. Biologie (Festschrift f. Voit), S. 242.

hervor, dafs der bei der Destillation des Urins verlorengehende Stickstoff wesentlich aus präformiertem Ammoniak entsteht;

2. sind Versuche im Berliner hygienischen Institut angestellt worden, bei welchen die nach Rubners alter Methode berechnete Verbrennungswärme des Harns sich mit der Verbrennungswärme des Harns, der mit Oxalsäure (ohne N-Verlust) eingedampft wurde, deckte.

## Serie I.

Über die Zahlenergebnisse der ersten Versuchsreihe gibt die folgende Generaltabelle eine ausreichende Übersicht. Nach dem Vorgang Rubners wurden keine übergrofsen Extraktmengen gegeben, sondern nur soviel als etwa der Hund bei genügender Fleischkost auch seinem Körper zugeführt hätte. Gibt man übermäfsig viel, so könnte man den Einwand machen, dafs dann die Umsetzung und Zersetzungsverhältnisse andere werden können. Auch der Umstand, dafs eine sehr reichliche Wasserzufuhr benötigt wird, könnte bei grofser Extraktzufuhr störend einwirken.

**Serie I.**

A. Einnahmen

an dem 3. und 4. Versuchstage je 18,6 g frischer Fleischextrakt.

| Tage | Trocken-substanz | N | C | Asche | $P_2O_5$ | $H_2SO_4$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3. Tag . . . | 15,704 | 1,686 | 4,625 | 4,230 | 1,294 | 0,176 |
| 4. Tag . . . | 15,704 | 1,686 | 4,625 | 4,230 | 1,294 | 0,176 |
| Totaleinnahme | 31,408 | 3,372 | 9,250 | 8,460 | 2,588 | 0,352 |

B. Ausgaben.

| Tage | Gewicht des Hundes | Urin-menge | N | C | N : C | Asche | $P_2O_5$ | $H_2SO_4$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Hungertag . | 7080 g | 164 ccm | 2,344 | 1,571 | 1 : 0,670 | 0,295 | 0,210 | 0,045 |
| 2. Hungertag . | 7010 » | 120 » | 1,915 | 1,325 | 1 : 0,692 | 0,251 | 0,270 | 0,065 |
| 1. Extrakttag . | 7005 » | 322 » | 3,516 | 4,863 | 1 : 1,385 | 3,735 | 1,394 | 0,181 |
| 2. Extrakttag . | 6985 » | 310 » | 3,993 | 5,948 | 1 : 1,489 | 4,904 | 1,586 | 0,260 |
| Letzt. Hungertg. | 6720 » | 184 » | 1,963 | 1,441 | 1 : 0,734 | 0,367 | 0,625 | 0,081 |

Gewicht des Hundes am Tage nachher 6620 g.

Nach der Fleischextraktzufuhr stieg sofort die Stickstoffausfuhr im Harn, ferner ganz bedeutend die Kohlenstoffabgabe, ebenso der Gehalt des Urins an Asche, Phosphorsäure und Gesamtschwefelsäure. Der Kohlenstoffgehalt stieg so bedeutend, dafs eine erhebliche Veränderung des Quotienten N : C zugunsten des Nenners auftrat. Am 5. Versuchstage, als das Tier wieder hungerte, fielen alle Werte ab, die Stickstoffmenge des Harns betrug nur wenig mehr als am 2. Hungertage, der Kohlenstoffgehalt entsprach fast genau demjenigen am Tage vor der Extraktgabe, nur von der Asche, der Gesamtschwefelsäure und der Phosphorsäure erschienen am Hungertage nach der Extraktgabe mehr als am Hungertage vor derselben im Urin. Der letzte Befund deckt sich völlig mit den Ergebnissen Rubners, der gleichfalls eine Zurückhaltung von $P_2O_5$ nach Fleischextraktgabe gesehen hatte. Somit spricht das Ergebnis meiner Versuche zunächst ganz dafür, dafs die Extraktbestandteile wenig verändert den Körper wieder im Harn verlassen.

Legt man die Ergebnisse an den Hungertagen und die an den Extrakttagen zu Mittelwerten zusammen und vergleicht die Gröfse der Mehrausscheidung nach Extraktgabe mit den durch den Extrakt zugeführten, so erhält man folgendes Bild:

| | N | C | Asche | $H_2SO_4$ | $P_2O_5$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Ausgaben der Tage mit Extrakt . . | 7,509 | 10,811 | 8,639 | 2,980 | 0,442 |
| Ausgaben der ersten 2 Hungertage . | 4,259 | 2,896 | 0,546 | 0,480 | 0,110 |
| Differenz . . . . . . . . . . . . | 3,250 | 7,915 | 8,093 | 2,500 | 0,332 |
| Einnahmen an den Extrakttagen . . | 3,372 | 9,250 | 8,460 | 2,588 | 0,352 |

Die Mehrausscheidung von N, C, Asche, $P_2O_5$ und $H_2SO_4$ durch den Urin kommt der Zufuhr der Bestandteile mit dem Extrakt sehr nahe.

Es fehlen von N 3,62 %<br>
C 14,43 »<br>
Asche 4,34 »<br>
$P_2O_5$ 3,41 »<br>
$H_2SO_4$ 5,68 »

Da von $P_2O_5$ und $H_2SO_4$ auch am nachfolgenden Hungertage noch etwas mehr ausgeschieden wurde als an den Tagen vor der Extraktgabe, so ist eigentlich nur bei dem Kohlenstoff ein nennenswertes, aber doch auch nicht sehr beträchtliches Defizit in der Ausgabe zu konstatieren.

Natürlich hängt für die Berechnung des Zuwachses alles davon ab, dafs man die Basis der Hungertage richtig gewinnen kann, es wäre erwünscht gewesen, noch einen weiteren Hungertag zur Kontrolle zu besitzen.

Wenn sich bei einer solchen Berechnung ein Defizit an Stickstoff ergibt, so ist dasselbe nicht eindeutig, denn es kann sich entweder um eine unvollkommene Ausscheidung oder Retention im Körper oder um eine nährende Wirkung, bei welcher Teile des eingegebenen Stoffes an Stelle des im Hungerzustande verbrauchten Materials als Ersatz eingetreten sind, handeln. Bis zu einem gewissen Grade mufs bei käuflichem Extrakt nun ein solches Defizit sich ergeben, weil ja kleine Eiweifs- und Albuminmengen in demselben vorhanden sind.

## Serie II.

An demselben Hunde wurde in gleicher Weise ein Kontrollversuch ausgeführt, bei welchem nur auf die Bestimmung der Gesamtschwefelsäure verzichtet wurde. Die Analysen wurden im übrigen genau in der nämlichen Weise vorgenommen. Die Wärmewerte der Urine wurden in der oben angegebenen Weise bestimmt.

Um den Einflufs einer eventuellen Zurückhaltung von Bestandteilen des Fleischextraktes noch mehr zu eliminieren, wurden an die Extrakttage 2 Hungertage angeschlossen.

Ich hatte keinen Anlafs, von der von Rubner zuerst angegebenen Anordnung eines Hungerversuches, der durch die Extraktfütterung unterbrochen wird, abzugehen. Diese Versuchsart scheint nicht allgemein gebilligt worden zu sein; denn Frentzel und Toriyama haben sie durch eine vermeintliche Verbesserung ersetzt, indem sie das Versuchstier vor den Extrakttagen und während derselben mit Kartoffelstärke und Fett fütterten.

Der praktische Erfolg ist aber nicht sehr ermutigend. Vor allem handelt es sich darum, jede Komplikation durch ungleichartige Kotbildung soweit wie möglich auszuschliefsen. Wenn aber eine erhebliche Menge von Kost neben Extrakt gegeben wird, bleibt die Beteiligung des Kotes an den Umsetzungen naturgemäfs unsicher.

Über Einnahmen und Ausgaben bei diesem Versuche gibt die nachfolgende Tabelle Auskunft.

**Serie II.**

A. Einnahmen an dem 3. und 4. Versuchstage je 18,6 g Extrakt.

| Tage | Trockensubstanz | N | C | Asche | $P_2O_5$ | Kalorien |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3. Versuchstag . . . . | 15,682 | 1,543 | 4,505 | 4,618 | 1,186 | 46,058 |
| 4. Versuchstag . . . . | 15,682 | 1,543 | 4,505 | 4,618 | 1,186 | 46,058 |
| Totaleinnahme . . . . | 31,364 | 3,086 | 9,010 | 9,236 | 2,372 | 92,116 |

B. Ausgaben.

| Tage | Gewicht des Hundes | Urinmenge | N | C | N : C | Asche | $P_2O_5$ | Kalorien für 2 Tage zusamm. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Hungertag | 7900 | 170 | 1,826 | 1,229 | 1 : 0,673 | 0,315 | 0,225 | 23,332 |
| 2. Hungertag | 7520 | 160 | 1,164 | 0,858 | 1 : 0,757 | 0,290 | 0,218 | |
| 1. Extrakttag | 7280 | 255 | 2,956 | 4,773 | 1 : 1,614 | 4,909 | 1,298 | 99,281 |
| 2. Extrakttag | 7150 | 300 | 2,950 | 4,947 | 1 : 1,677 | 4,510 | 1,476 | |
| 1. Nachfolg. Hungertag | 6694 | 165 | 1,294 | 1,042 | 1 : 0,805 | 0,372 | 0,435 | 28,356 |
| 2. Nachfolg. Hungertag | 6674 | 120 | 1,739 | 1,116 | 1 : 0,642 | 0,348 | 0,230 | |

Was die Kalorienbestimmung betrifft, mufs ich noch bemerken, dafs ich, um möglichst gute Zahlen zu bekommen, von dem Urin eines jeden Tages gleich die Hälfte für diese Bestimmung nahm, dann die Urine von je 2 zusammengehörigen Tagen, also der 2 ersten Hungertage, der 2 Tage, an denen der der Hund Extrakt bekam und der 2 nachfolgenden Hungertage, mischte und sie hierauf in der oben angegebenen Weise auf ihren Verbrennungswert untersuchte. Was die Verbrennungswärme des Fleischextraktes anlangt, so meinen Frentzel und Toriyama, die erste Angabe hierüber gemacht zu haben. Das

ist aber unzutreffend. B. Danilewsky hatte schon 1881 (vgl. Centralblatt für med. Wissenschaft Nr. 26 und 27) die Verbrennungswärme des Extractum carnis zu 3206 g Kal. pro 1 g Trockensubstanz angegeben. Meine Zahl gibt 2937, andere Proben mehr. Frentzels Angabe = 3177. Wenn man übereinstimmende Mittelzahlen erhalten wollte, müfste man sich einmal über die Art der Trockenbestimmung vorerst einigen und ferner auf aschefreie Substanz berechnen (in meinem Versuch 1 g = 4162).

Mit der Fleischextraktgabe stiegen auch hier sofort die N-, C-, Asche- und $P_2O_5$-Ausscheidung durch den Harn und sie fielen an den darauffolgenden Tagen wieder ab. Der C-Gehalt des Harns ist an dem ersten Hungertage nach der Extraktgabe schon ebenso niedrig wie am Tage vor derselben, die $P_2O_5$-Ausgabe erreicht am 2. Hungertage nach der Fleischextraktgabe den Hungerwert des 2. Versuchstages, nur die Ascheausscheidung im ganzen genommen hat an diesem Tage den Hungerwert des 2. Tages noch nicht ganz erreicht.

Nimmt man auch hier wieder die Mittelzahlen aus den Ergebnissen der Hungertage vor und nach der Zufuhr des Fleischextraktes und vergleicht sie mit den Ausscheidungen an den Extrakttagen, so erhält man folgendes Ergebnis:

| | N | C | Asche nach $NH_3$-Zusatz | $P_2O_5$ | Kalorien | Kal./N |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ausgaben an den 2 Extrakttagen | 5,906 | 9,720 | 9,419 | 2,774 | 99,281 | 16,81 |
| Ausgaben an den 2 ersten Hungertagen | 2,990 | 2,087 | 0,605 | 0,443 | 23,332 | 7,80 |
| Differenz | 2,916 | 7,633 | 8,814 | 2,331 | 75,949 | — |
| Einnahmen an d. 2 Extrakttagen | 3,086 | 9,010 | 9,236 | 2,372 | 92,116 | — |

Es fehlen von dem im Extrakt zugeführten

N 5,52 %
C 15,28 »
der Asche 4,58 »
» $P_2O_5$ 1,53 »
den Kalorien 17,55 »

In beiden Fällen ist der Kot nicht näher untersucht worden, da eine Abgrenzung mit Knochen nur eine Beeinflussung der im Harn ausgeschiedenen Substanzen hätte herbeiführen können. Von den organischen Bestandteilen, auf die es im wesentlichen ankommt, ist in diesem Falle kaum anzunehmen, dafs sie zum Teil mit dem Kot ausgeschieden wurden. Was die Asche betrifft, mufs ich es natürlich dahingestellt sein lassen, ob nicht ein Teil des Defizits durch ein Übergehen eines Teiles derselben in den Kot seine Erklärung findet.

Als Mittel der Verluste beider Reihen finde ich:

| | N | C | Asche | $P_2O_5$ | $H_2SO_4$ | Kalorien | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reihe I | 3,62 | 14,43 | 4,34 | 3,41 | 5,68 | — | |
| » II | 5,52 | 15,28 | 4,58 | 1,53 | — | 17,55 | |
| | 4,57 | 14,85 | 4,46 | 2,47 | 5,68 | 17,55 % | Verluste. |

Führt man also einem hungernden Tiere käuflichen Fleischextrakt (im vorliegenden Falle Liebigschen) zu, so bekommt man einen Zuwachs von N im Harn, der fast ebenso grofs ist wie die Einfuhr desselben durch das Präparat, das gleiche gilt auch für Asche, Phosphorsäure und Schwefelsäure. Das geringe Defizit erklärt sich, wie oben erwähnt, leicht durch die Anwesenheit von eiweifs- und peptonhaltigen Körpern im Fleischextrakt, zum Teil auch durch den etwas bedeutenderen Verlust an C und Kalorien. Immerhin scheint die Menge des für die Verbrennung bis zu $CO_2$ verfügbaren Kohlenstoffs eine ziemlich geringfügige zu sein. Diese Versuche haben also im grofsen und ganzen die Erfahrungen, die Rubner mit den Extraktivstoffen gemacht hat, bestätigt. Denn der auf die Extraktivstoffe im engeren Sinne treffende Energieverlust mufs kleiner als 17,5 % gewesen sein.

Es mufs zu alledem noch ausdrücklich hervorgehoben werden, dafs am ersten Hungertage nach der Extraktgabe das Verhältnis von N : C noch 1 : 0,805 betrug, was darauf hindeutet, dafs noch nicht aller C der Eingabe ausgeschieden war, und dafs an den den Extrakttagen folgenden Hungertagen auch der Kaloriengehalt des Urins noch etwas erhöht war (28 gegen 23 Kal.).

Ich könnte also damit meine Mitteilungen schliefsen, weil durch sie die zuerst gestellte Frage entschieden ist. Meine Ergebnisse widersprechen durchaus dem Befunde von Frentzel und Toriyama.

Ihre Versuche lassen sich offenbar mit den meinigen nicht vergleichen, weil die Experimente der genannten Autoren durch unvollkommene Ausscheidung der Stoffe des Extraktes kompliziert sind; in welchem Mafse will ich mit Rücksicht auf die nachfolgenden Mitteilungen unerörtert lassen.

## Serie III.

Die Ausscheidungsweise stickstoffhaltiger Spaltungsprodukte aus dem Körper kann wesentliches Interesse beanspruchen, namentlich wenn kürzere Zeiträume, also Teilstücke des Tages, in Betracht gezogen werden. In dieser Art ist vor vielen Jahren von Feder und Rubner[1]) die Harnausscheidung nach Fleisch- und nach Eiweifsfütterung untersucht worden. Es ist von grofsem Interesse zu wissen, wie sich die Extraktivstoffe in dieser zeitlichen Ausscheidung verhalten. Ich habe daher von diesem Gesichtspunkte aus im Mai des Jahres 1904 die Fleischextraktuntersuchungen wieder aufgenommen, und zwar wollte ich die nach Eingabe von Fleischextrakt in 2stündlichen Intervallen entleerten Urinmengen gesondert prüfen, um zu sehen, nach welcher Zeit sich der Körper der ihm einverleibten Stoffe zu entledigen sucht. Gleichzeitig sollte untersucht werden, inwiefern die Ausscheidungen durch den Urin sich verschieden verhalten, wenn dem Organismus Extrakt oder wenn ihm Fleisch vom gleichen Stickstoffgehalt eingeführt wird. Wenn es sich um für den Körper wenig verwendbare Stoffe handelt, so kann man baldige Ausscheidung aus dem Organismus erwarten. Schon aus dem Vergleich der von Rubner und L. Feder[2]) ausgeführten Versuche über die stündliche Harnbildung nach Fütterung mit Fleisch oder mit Eiweifs war

1) Beiträge zur Physiologie (Festschrift für Karl Ludwig), S. 259, Leipzig, 1887.

2) Der zeitliche Ablauf der Zersetzung im Tierkörper, 1882; siehe auch Franke, Zeitschr. f. Biologie, 1902, Bd. XXV, S. 254.

eine rasche Entleerung der Extraktivstoffe gegenüber der allmählichen Eiweifszerlegung zu entnehmen. Rubner[1]) hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dafs die Ausscheidung der Extraktivstoffe des Fleisches schon sehr bald nach Aufnahme desselben erfolgt. Die Bedingungen meines Versuches waren die folgenden:

Ein Hund von 12 kg Gewicht hungerte erst drei Tage, dann bekam er am Beginn des 4. Tages Fleischextrakt, am 5. Tage hungerte er wieder und am 6. erhielt er so viel Fleisch, dafs er gleichviel Stickstoff zu sich nahm als der am 4. Tage eingegebene Extrakt enthielt. Den Extrakt (auch hier Liebigs Fleischextrakt) bekam er in 500 ccm Wasser mit der Schlundsonde. Der Urin wurde auch diesmal durch Katheterisieren und nachfolgende Ausspülung der Blase mit sterilem Wasser gewonnen.

Ich untersuchte ihn erst vom 3. Hungertage an und zwar die in den ersten 20 Stunden, die in den weiteren 2 und in weiteren 4 Stunden gewonnenen Mengen gesondert.

Am 4. Tage, an dem der Hund Fleischextrakt bekam, untersuchte ich von dem Momente der Nahrungszufuhr an die während 12 Stunden 2stündlich gelassenen Urinmengen für sich und die während der weiteren 12 Stunden gewonnenen Mengen zusammen, da ich die stärkste Ausscheidung am ersten halben Tage erwartete. Am nachfolgenden Hungertage untersuchte ich die gesamte Urinmenge zusammen, ebenso am 4. Tage, an dem der Hund Fleisch bekam.

Der Versuch dauerte vom 7. bis zum 14. Mai 1904.

In dem eingegebenen Fleischextrakt, sowie in den Urinen wurden N, C, Kalorien und Trockenwerte bestimmt, in dem eingegebenen Fleisch nur der Trockenwert und der N-Gehalt.

Diese Bestimmungen wurden nach den gleichen Methoden ausgeführt wie das letzte Mal, nur nicht die Feststellung der Kalorienwerte in den Urinen. Um diese zu ermitteln, setzte ich den Urinmengen, die dazu dienen sollten, nach Angabe Rubners so viel Oxalsäure zu, dafs aller in denselben vorhandener Harnstoff

1) Zeitschr. f. Biologie, XX, S. 276, Anm.

gebunden werden konnte. Hierauf wurden die Urine zur Trockne eingedampft, nachgetrocknet und hernach in der Berthelotschen Bombe verbrannt, der Gesamtkalorienwert derselben so bestimmt und die in demselben vorhandenen Oxalsäurekalorien in Abrechnung gebracht. Dieses Verfahren dürfte wohl heutzutage die sichersten Resultate ergeben. Es bleibt mir noch übrig zu sagen, dafs ich die durch Katheterisieren erhaltenen Urine auf gleiche Quantitäten brachte, um die Rechnungen einfacher zu gestalten, und dafs ich zur Ermittelung der Kalorienwerte von jedem Urin gleich die Hälfte beiseite stellte, um genügend grofse Zahlen zu erhalten.

Meine Resultate waren die folgenden:

Ausgeschieden wurden im Urin:

| | Zeit | N | C | N : C | Kalorien | Kal.:N |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Tag = 3. Hungertag | Nach 20 Std. | 2,0196 | 1,3784 | 1 : 0,68 | 14,08 | 6,97 |
| | » 22 » | 0,1723 | 0,1109 | 1 : 0,65 | 1,22 | 7,02 |
| | » 24 » | 0,1838 | 0,1204 | 1 : 0,65 | 1,33 | 7,26 |
| | Total: | 2,3757 | 1,6097 | 1 : 0,68 | 16,63 | 6,89 |
| 2. Tag = Tag, an dem der Hund Fleischextrakt = 37,708 g = 3,492 N 10,294 C 110,169 Kalorien bekam. | Nach 2 Std. | 1,0008 | 1,3531 | 1 : 1,25 | 14,92 | 14,92 |
| | » 4 » | 1,1243 | 1,4835 | 1 : 1,23 | 16,00 | 14,21 |
| | » 6 » | 0,6362 | 0,8852 | 1 : 1,39 | 10,35 | 16,27 |
| | » 8 » | 0,4012 | 0,5585 | 1 : 1,39 | 7,96 | 19,86 |
| | » 10 » | 0,2606 | 0,4085 | 1 : 1,57 | 5,75 | 22,04 |
| | » 12 » | 0,1643 | 0,2293 | 1 : 1,39 | 4,15 | 25,46 |
| | » 24 » | 1,0334 | 1,6828 | 1 : 1,68 | 17,12 | 16,87 |
| | Total: | 4,6208 | 6,6009 | 1 : 1,43 | 76,25 | 16,46 |
| 3. Tag = nachfolg. Hungertag | Total: | 2,6005 | 2,9828 | 1 : 1,15 | 25,07 | 9,63 |
| 4. Tag. Fleisch 101 g = 3,423 N | Total: | 3,4195 | 2,3587 | 1 : 0,69 | 27,43 | 8,02 |

Tagesübersicht.

| Versuchstage | N | C | Kalorien | C/N | Kal./N |
|---|---|---|---|---|---|
| 3. Hungertag . . . | 2,37 | 1,61 | 16,63 | 0,68 | 6,89 |
| Extrakttag . . . | 4,62 | 6,60 | 76,25 | 1,50 | 16,48 |
| Hungertag . . . | 2,60 | 2,98 | 25,07 | 1,15 | 9,62 |
| Fleischtag . . . | 3,42 | 2,36 | 27,43 | 0,69 | 8,02 |

Gewicht des Hundes.

1. Vor dem Hungern 12 kg,
2. am Morgen der Extraktgabe 11 kg,
3. am Morgen des nachfolgenden Hungertages 10,900 kg,
4. am Morgen des Tages mit Fleisch 10,720 kg,
5. tags darauf 10,580 kg.

Der Hund entleerte 3 Stunden nach Ablauf des letzten Tages 4,32 g (trockenen) Kot mit einem N-Gehalt von 0,439 g. Zugeführt wurden ihm am Anfang des 2. Versuchstages 37,708 g Fleischextrakt, die 30,611 g Trockensubstanz, 3,492 g N, 10,29 g C und 110,17 Kalorien enthielten.

---

Aus diesen Experimenten geht die Tatsache hervor, dafs nach der Hungerzeit — einer Periode gleichmäfsiger Ausscheidung — schon in den ersten 2 Stunden nach der Extraktzufuhr eine erhebliche Steigerung der N-Ausscheidung eintritt, die in den nächsten 2 Stunden noch zunimmt und dann allmählich auf die Höhe der Hungerausscheidung herabsinkt. In den letzten 12 Stunden des Tages ist im Durchschnitt pro 2 Stunden nicht mehr ausgeschieden worden als in den letzten Stunden des Hungertages selbst ($\frac{1,033}{12} = 0,086$ N pro 1 Stunde), nämlich 0,172 N pro 2 Stunden gegenüber 0,184 am Hungertag. In der Tat schiebt also der Organismus die ihm einverleibten, für die weiteren Stoffwechselvorgänge entbehrlichen Körper rasch ab, wobei natürlich zeitlich durch die Leistungsfähigkeit der Nieren eine gewisse Grenze gezogen sein wird.

Der Extrakt drückt dem Harn sofort seinen Stempel auf. Die Kohlenstoffausscheidung steigt, der Quotient $\frac{C}{N}$ geht von 0,69 auf 1,25 in die Höhe und gleichzeitig mehrt sich die Trockenmenge und Verbrennungswärme des Rückstandes. Verfolgen wir aber die Quotienten $\frac{C}{N}$ und $\frac{Kal.}{N}$, so zeigt sich unzweifelhaft noch eine neue wichtige Tatsache. Nicht eine Gleichartigkeit der ausgeschiedenen Stoffe liegt vor, sondern in den einzelnen Perioden ist offenbar

die Art der eliminierten Stoffe eine prinzipiell verschiedene. Wenn wir uns eine Überflutung der Körpersäfte durch einen gleichartigen Stoff, der im Körper nicht zurückbleiben kann, vorstellen, so wird die Ausscheidungsweise im grofsen und ganzen so sein, dafs zunächst viel, dann allmählich abnehmende Mengen zur Ausscheidung gelangen. Die Art der Elimination der Extraktivstoffe läfst sich aber nicht in dieser einfachen Weise auffassen. Es findet zweifellos eine Scheidung der verschiedenen Substanzen statt, in den ersten Stunden kamen Stoffe von geringerem Gehalt und Energiewert als in der 8.—10. Stunde, die Verbindungen mit höherem Brennwert kamen erst später zur Ausscheidung, aber noch in der Nacht hatte die Absonderung solcher Stoffe höheren Verbrennungswertes nicht aufgehört, auch nicht einmal am darauffolgenden Hungertage. Ich möchte auf Einzelheiten nicht zuviel Gewicht legen, aber eine Scheidung einzelner Körper hat offenbar stattgefunden. Wir sehen somit, wie ungleich die einzelnen Stoffgruppen sich im Körper anspeichern können, und es wäre denkbar, dafs einzelne Bestandteile des Extraktes, wenn auch keine energetische, doch vielleicht eine anderweitige Funktion vorübergehend erfüllen können. Ich kann nicht bestreiten, dafs die Ausscheidung mancher Stoffe sich bei diesem Experiment vielleicht noch bis in einen eventuellen 2. Hungertag nach den Extrakttagen hätte hinausziehen können.

Im Anschlufs an den Extraktversuch habe ich statt 3,49 N, der im eingegebenen Extrakt vorhanden war, 3,42 N als Fleisch verabreicht, um deutlicher vor Augen zu führen, welcher Unterschied in den Wirkungen beider Stoffe liegt. — Das Fleisch hat den N-Verlust aufgehoben, der Extrakt aber nicht.

Leider kann man bei dem eintägigen Versuche natürlich nicht erwarten, dafs der Extrakt ganz ausgeschieden wird, es ist sogar gewifs, dafs am 1. Hungertage die Ausscheidung noch nicht zu Ende war, und demgemäfs läfst sich über das absolute Mehr an N, sowie an C und Kalorienausscheidung nichts Sicheres sagen. Für den Vergleich und die Berechnung kann nur der dem Versuche vorausgehende, nicht aber der dem Versuche folgende Hungertag benutzt werden. Jedenfalls wäre die N-Ausscheidung

vom 3. bis zum 5. Hungertage gewifs noch abgesunken. Immerhin wird die Bilanzrechnung zeigen, wie viel im Minimum von dem eingeführten Extrakt und seinen Bestandteilen wiedergekommen ist. Wenn wir, wie in den früheren Versuchen, sehen wollen, wie sich diesmal die Ausgaben zu den Einnahmen verhalten, so haben wir fürs erste die Ausfuhr des 1. Versuchstages (gleich 3. Hungertages) von den Ausgaben des 2. Versuchstages (4. Extrakttages) abzuziehen:

| | N | C | Kalorien |
|---|---|---|---|
| | 4,6208 | 6,6009 | 76,2494 |
| | 2,3757 | 1,6097 | 16,6290 |
| bleiben | 2,2451 | 4,9912 | 59,6204 |

als Plus der Aussscheidung für den Tag, an dem der Hund Extrakt bekam. Wir sehen aber, dafs auch am nachfolgenden Hungertage die Ausscheidungen durch den Urin im Vergleich zu denjenigen des 1. Hungertages noch bedeutend vermehrt sind. Wenn wir auch hier die nämliche Subtraktion vornehmen, so erhalten wir:

| N | C | Kalorien |
|---|---|---|
| 2,6005 | 2,9828 | 25,0360 |
| 2,3757 | 1,6097 | 16,6290 |
| 0,2248 | 1,3731 | 8,4070 |

als Plus der Ausscheidung am nachfolgenden Hungertage.

Addieren wir diese beiden Mehrausscheidungen, so sehen wir, dafs wir durch die Eingabe von Fleischextrakt eine Mehrausgabe von

2,4699 g N, 6,3644 g C und 67,027 Kalorien

erhalten haben. Mit anderen Worten, es sind

70,93 % des eingegebenen N
61,83 % » » C
und 60,84 % der » Kalorien

in den Urinen des Tages, an dem der Hund den Extrakt bekam, und des nachfolgenden Hungertages wieder gefunden worden. Diese Zahlen müssen aber nach dem oben Gesagten als zu niedrige angesehen werden. Man hat aufserdem zu bedenken, dafs eine eventuelle Änderung des zum Vergleiche herangezogenen Normalhungertages bei diesem Versuche in der Berechnung an zwei Tagen, also in der doppelten Gröfse, auf das Endresultat

einwirken würde. Die Zahlen zeigen Differenzen zwischen N, C und Kalorien im gleichen Sinne wie Serie I und II.

Das normale Verhältnis von N : C, das am ersten Versuchstage 1 : 0,679 betragen hatte, hat sich auch hier an dem Extrakttage durch Zunahme des Nenners verändert. Wir erhielten die Zahlen 1 : 1,50 an dem Extrakttage und 1 : 1,15 am nachfolgenden Hungertage. Der Urin charakterisierte sich also auch hier als ein Gemisch von Hungerharn und Extraktivstoffen. Im Gegensatze zu meinen früheren Versuchen fand ich aber diesmal vom N etwa 30 und vom C und den Kalorien der Eingabe etwa 40% nicht in den Ausgaben wieder. Die Gründe, die zu diesem abweichenden Resultate führten, habe ich schon angeführt, es mufs jedenfalls angenommen werden, dafs der Hund einen Teil der Einfuhr zurückbehalten hat. — Zur Verbrennung gelangten — diesen Zahlen nach — etwa 10% des eingeführten Fleischextraktes, so dafs die Übereinstimmung mit den früheren Ergebnissen (15%) doch eine ziemlich gute ist, da angenommen werden kann, dafs von den fehlenden 30% des Eingeführten auch noch ein entsprechender Teil verbrannt wurde. Eigentümlich ist auch, dafs der Hund an dem Tage, an dem er den Extrakt erhielt, relativ am meisten an Körpergewicht verloren hat.

An dem Tage, an dem das Versuchstier ein Quantum Fleisch bekam, das gleich viel N enthielt wie der vorher eingegebene Fleischextrakt, erreichte die Stickstoffausscheidung durch den Urin nicht einmal ganz die Menge des eingegebenen Stickstoffs (ein Teil ging wohl mit dem Kot ab), und das Verhältnis von N : C war das normale (1 : 0,689). In den Urinen waren ca. 12 Kalorien mehr als am 3. Hungertage. Der Versuch hätte natürlich noch länger fortgesetzt werden müssen, um ganz genaue Zahlen zu ergeben; die gewonnenen Resultate zeigen aber schon recht deutlich, wie ungleich wesentlicher für die Verbrennung im Tierkörper das Fleisch ist als seine Extraktivstoffe.

Zum Schlusse spreche ich Herrn Geheimrat Rubner für die viele Anregung und Unterstützung, die er mir während der Arbeit zuteil werden liefs, meinen verbindlichsten Dank aus.

# Über das Verhalten der Extraktivstoffe des Fleisches im Tierkörper.

Von

**Max Rubner.**

I.

Im XX. Bande der Zeitschrift für Biologie (1885) habe ich Untersuchungen, betitelt »Über den Einfluſs der Extraktivstoffe des Fleisches auf die Wärmebildung«, mitgeteilt. Es scheint mir nicht unangebracht, im Zusammenhang mit der vorstehenden Arbeit von Bürgi[1]) selbst noch auf das genannte Thema einzugehen, um zunächst etwas eingehender einer Art Legendenbildung und unrichtigen Wiedergabe meiner eigenen Beiträge zu dieser Frage entgegenzutreten.

Vorerst möchte ich einige Tatsachen historisch richtig stellen und die Motive und Ziele meiner früheren Untersuchungen kurz in Erinnerung bringen. Als ich meine Experimente über die isodyname Vertretung der Nahrungsstoffe ausführte, war die kalorimetrische Bestimmung der für den Biologen wichtigen Verbindungen noch sehr im Rückstande, und so fehlte es mir namentlich an der Kenntnis des Verbrennungswertes des Fleisches.

Da ich selbst damals kein Kalorimeter besaſs, so muſste ich versuchen, auf dem Wege kritischer Überlegung aus dem Wenigen, was man über die Verbrennungswärme von Eiweiſsstoffen wuſste, eine Grundlage der Berechnung des Verbrennungswertes des Fleisches zu gewinnen. Eine fast unüberwindliche

1) Der Nutzwert des Fleischextraktes. Dieser Band, S. 1.

Schwierigkeit bot die Schätzung der Verbrennungswärme des Fleischharns. Bei Betrachtung der elementaren Zusammensetzung desselben aber schien es mir in hohem Grade wahrscheinlich, dafs dessen komplizierter Aufbau sich aus dem mehr oder minder vollkommenen Übergang der Extraktivstoffe in den Harn erklären lasse. In diesem Falle lösten sich für mich dann die Schwierigkeiten ohne weiteres, denn es konnte der Extrakt bei der Wärmeberechnung eben ganz aufser Betracht bleiben, weil dieselbe Gröfse sowohl in den Einnahmen (Fleisch) als in den Ausgaben (Harn) mit nahezu den gleichen Werten hätte eingesetzt werden müssen.

Ein Jahr später waren alle diese umständlichen Rechnungen und Schätzungen ein überwundener Standpunkt. Nachdem ich mir ein Kalorimeter verschafft hatte, bestimmte ich den physiologischen Nutzeffekt des Fleisches durch eigene Messungen und diese Werte zeigten das Gesetz der isodynamen Vertretung noch schärfer als die ursprünglichen Berechnungen der Nahrungswerte. Ich bin daher auf die genannten älteren Publikationen nie mehr eingegangen. Es befriedigt mich aber heute noch, dafs es mir doch gelungen war, den physiologischen Nutzeffekt des Fleisches so richtig zu schätzen. Meine späteren direkten kalorimetrischen Messungen hatte ich nur wenig zu ändern, denn statt der geschätzten 25,6 Kalorien fand sich als richtige Zahl 26,0 Kalorien als physiologischen Nutzeffekt bei Fleisch.

Wenn man den von Frentzel und Toriyama ausgeführten Versuchsreihen und deren Ergebnissen — wahrscheinlich gegen den Sinn der Autoren — die Spitze geben wollte, als seien durch dieselben meine Angaben über die Verbrennungswärme des Fleisches berührt worden, so mufs ich derartigen Mifsverständnissen oder Verdrehungen von Tatsachen aufs entschiedenste widersprechen. Wie sich jeder aus der Literatur leicht überzeugen kann, hängen Verbrennungswert des Fleisches mit Untersuchungen über den Verbrennungswert des Extraktes gar nicht zusammen.

Im engsten Zusammenhang mit den Untersuchungen über isodyname Vertretung stand der Fleischextrakt aber in anderer

Hinsicht. Es war von mir die wichtige Tatsache gefunden worden, dafs durch den gewöhnlichen Akt der Nahrungsaufnahme eine Steigerung des Energieverbrauchs beim Tiere nicht auftritt. Damit standen aber Angaben über die Wirkungen des Fleischextrakts ganz und gar in Widerspruch. So war von Kemmerich die Angabe gemacht worden, der Extrakt verkürze bei Hunden, die ausschliefslich mit ihm gefüttert wurden, das Leben; einen Einflufs, welchen man durch eine vorwiegende Wirkung oder eine Steigerung der Eiweifszersetzung unter dem Einflufs der Flüssigkeitszufuhr zu stande kommen liefs.

Da die Versuche Kemmerichs nicht einwandfrei schienen und ich selbst bei Fleischzufuhr nichts, was solch eine Nebenwirkung des Extraktes hätte rechtfertigen können, gesehen hatte, gab mir auch dies einen Grund, der Extraktfrage näher zu treten.

Als Wege zur Feststellung der Rolle der Extraktivstoffe überhaupt wählte ich zwei: einmal liefsen sich die Veränderungen der respiratorischen Ausscheidungen prüfen, und ferner die Umwandlungen des Harns nach Extraktzufuhr selbst.

Was den ersten Teil der Versuchsmethodik anlangte, so hatte ich kurz vorher bewiesen, dafs gerade im Hungerzustande die respiratorischen Funktionen aufserordentlich gleichmäfsig verlaufen[1]), es eignet sich also ein hungerndes Tier vorzüglich gerade dazu, um irgendwelche Einwirkungen auf den Stoff- und Kraftwechsel zu studieren. Ich benutzte daher den hungernden Hund, um an demselben an zwei in eine Hungerreihe eingeschalteten Tagen die Extraktwirkung zu beobachten, mit durchaus eindeutigem Ergebnis.

Von einer vermehrten Zersetzung war im Respirationsversuch nichts nachzuweisen; die in der Respiration ausgeschiedenen Kohlenstoffmengen blieben die gleichen, ob mit oder ohne Extraktzufuhr. Daher konnten die Ergebnisse der Versuche Kemmerichs nicht richtig sein; Fleischextrakt regt den Hungerstoffwechsel nicht an und führt auch zu keinem rascheren Zugrundegehen der Versuchstiere.

1) Biologie, Bd. XVII, S. 214.

Es ist seit der langen Zeit, welche seit der Ausführung dieser Experimente verflossen ist, nichts bekannt geworden, was auch nur im geringsten zugunsten der früheren Annahme über eine den Stoffwechsel steigernde Wirkung der Extraktivstoffe gedeutet werden könnte.

Was kann man aber aufserdem aus dem völligen Gleichbleiben der Kohlensäureausscheidung eines hungernden oder mit Extrakt gefütterten Tieres schliefsen? Ich habe angenommen, man habe zu folgern, dafs sich die Extraktivstoffe nicht wesentlich an der Verbrennung beteiligen, und habe es nicht für notwendig gehalten, über diesen Schlufs, der mir völlig selbstverständlich galt, noch ein Wort weiter zu verlieren.

Dies scheint aber keineswegs ein ganz richtiges Vorgehen gewesen zu sein; denn die Selbstverständlichkeit dieser Annahme ist nicht überall gebührend gewürdigt worden. E. Pflüger hat Widerspruch dagegen erhoben und gemeint, es lasse sich ein sehr treffender Einwand gegen meine Schlufsfolgerungen machen, indem er darauf hinwies, dafs auch ohne eine Steigerung der Kohlensäureausscheidung der Extraktkohlenstoff verbrannt sein könnte, indem er zugleich Fettkohlenstoff einsparte.

Nach meinen eigenen Untersuchungen werde doch der Stoffwechsel nicht gesteigert, wenn man Fett füttere, dieses verbrenne vielmehr an Stelle des Körperfettes!

Diese Argumente scheinen besonderen Eindruck gemacht zu haben; diese Kritik ist ohne allen Kommentar in alle möglichen Bücher[1]) übergegangen. Dies zeigt zu meinem lebhaften Bedauern, wie wenig sich die richtigen Vorstellungen über die Konsequenzen des Gesetzes der isodynamen Vertretung der Nahrungsstoffe eingelebt haben.

Aus meinen Anschauungen über die Vertretungswerte organischer Nahrungsstoffe folgert, dafs durch die Zersetzungen von Stoffen, die im Brennwert von dem Körperfett abweichen, unmöglich ein respiratorisches Gleichgewicht der Kohlensäureausscheidung gegeben sein kann.

1) Man vergl. z. B. König, Nahrungs- und Genufsmittel, II. Teil, 557.

Zucker und Eiweifs machen sich sofort in Änderung der Kohlensäureausscheidung geltend, wenn vorher Fettzersetzung vorhanden war. Das mufs natürlich in noch verstärktem Mafse dann der Fall sein, wenn statt Fett teilweise abgebaute Stoffe, wie sie im Fleischextrakt sind, verbrennen würden.

Niemand, der die Natur der im Extrakt enthaltenen Stoffe überlegt, wird annehmen wollen, dafs isodyname Mengen Fett und Extrakt gleiche Kohlenstoffmengen enthalten! Auch wenn eine natürlich über den obligaten Versuchsfehler aller solcher Tierexperimente hinausgehende Verbrennung von Extraktanteilen eintritt, mufs eine Mehrung der Kohlensäureausscheidung sich zeigen. Der Einwand von Pflüger hat also gar keine Berechtigung und ist ganz und gar mifsverständlich angewandt.

Nun wäre nur noch eine Möglichkeit zu erörtern, nämlich eine Oxydation der Extraktbestandteile ohne Ausscheidung der Produkte durch die Respiration. Die Annahme einer einfachen innern Oxydation mit glatter Ausscheidung der Oxydationsprodukte durch den Harn wird man aber, wenn man die Frage von der quantitativen Seite ansieht, auch kaum machen können.

Die Beobachtung der Respirationsverhältnisse nach Fleischextraktzufuhr ist also eine ganz gute Methode, vorausgesetzt, dafs man über die biologischen Schwierigkeiten — ein brauchbares Versuchstier zu besitzen — hinweg kommt; sie kann uns lehren, wie sich der Gesamtkraftwechsel unter dem Einflufs der Extraktivstoffe stellt, und ob ferner ein gröfserer Anteil von Energie durch die Extraktivstoffe geliefert worden ist.

Natürlich wird das Resultat von der Genauigkeit der ganzen Methode abhängen. Da diese letztere aber an dem Umfang der Lebenserscheinungen des ganzen Körpers das Mafs ihrer Wirkung feststellt, so soll damit nur gesagt sein, dafs für den Ablauf des Lebensprozesses wichtige energetische Vorgänge durch die in den Grenzen natürlicher Schwankungen liegenden Mengen an Extraktzufuhr nicht ausgelöst werden.

Neben den Untersuchungen der Respirationsvorgänge hatte ich der Beschaffenheit des Harns nach Extraktzufuhr mein Augenmerk zugewandt.

Besondere Methoden, den Harn in seiner Beschaffenheit mit dem gefütterten Extrakt zu vergleichen, gab es damals nicht. Ich habe mich daher an die Untersuchung der N-, $P_2O_5$- und S-Ausscheidung gehalten, um den Gang der Ausscheidung zu kontrollieren, und an die Bestimmung des Harnstoffs nach Bunsen, um zu sehen, inwieweit die Harnstoffstufe erreicht würde.

Der Extrakt N war nur zum Teil in den Ausscheidungen zu finden, also Anteile im Körper geblieben; im übrigen liefs sich vermuten, dafs höchstens ein Teil der N-haltigen Bestandteile des Extraktes die Harnstoffstufe erreicht; also die zugeführten Extraktivstoffe wenig verändert wieder erscheinen.

Dieser Meinung, dafs die Zusammensetzung des Extraktharns vermutlich eine ganz andere wie die des Fleischharns sein werde, dürfte jeder vorurteilsfreie Beobachter, der diese Harnsorten in trockenem Zustande einmal vor sich gesehen hat, beistimmen. Ich bewahre solche Proben seit vielen Jahren eingeschmolzen in Röhren auf. Ein Blick genügt, um die markanten Unterschiede dieser Harne sich einzuprägen.

Der Extraktharn ist vom Hunger- oder Fleischharn etwas typisch Verschiedenes, wie ich unzweifelhaft zuerst gesehen habe. Respirationsversuche und Harnbeschaffenheit bei Extraktgabe gestatteten beide zusammen unbedingt den Schlufs auf eine wenig einschneidende Veränderung der Extraktbestandteile beim Durchwandern des Körpers.

Vielfach ist in der Literatur weder der Inhalt meiner Untersuchungen dem Sinne nach, noch sind die Schlufssätze vollständig wiedergegeben worden, man hat vielmehr meinen Darlegungen die entstellende Form gegeben, als hätte ich eine absolute Unveränderlichkeit der Extraktivstoffe beim Durchtritt durch den Körper angenommen. Von einer derartigen Anschauung konnte keine Rede sein, da mir denn doch das Vorkommen von Leim, von Spuren fettartiger Stoffe und Milchsäure im Fleischextrakt[1]) nicht unbekannt war und die Zerlegung solcher Substanzen füglich nicht zu bezweifeln war.

1) Siehe König, a. a. O., 1880, S. 174.

Meine letzte These lautete: »Die Bestandteile des Fleischextraktes verlassen im großen und ganzen unverändert, d. h. ohne Spannkraftverlust, den Körper, der Fleischextrakt hat demnach bei der Berechnung der Verbrennungswärme des Fleisches unberücksichtigt zu bleiben.«

Eine quantitative, genaue Angabe über den Grad der Zerlegung war ich nicht in der Lage zu machen; und was den Einfluſs auf die Berechnung der Verbrennungswärme anlangt, so erachtete ich den Ausschluſs des Extraktes von der Berechnung als praktisch nebensächlich.

Die nachfolgenden Betrachtungen werden bestätigen, daſs in der Tat die Verhältnisse von mir richtig gewürdigt worden sind, und daſs die von Fr. und T. aufgestellten Behauptungen in keiner Weise aufrecht erhalten werden können.

## II.

Falls wir vor die Aufgabe gestellt werden, den Umfang festzustellen, in welchem die Extraktivstoffe in ihrem Energiewerte beim Durchzug durch den Körper eine Veränderung erleiden, so kann man das Problem mit genügender Genauigkeit ohne auch nur ein neues Experiment anzustellen, rein rechnerisch lösen. Es wird sich das leicht zeigen lassen, und es ist ein verhältnismäſsig einfacher Weg für die Lösung vorhanden.

Wenn die Extraktivstoffe sich mehr oder minder wenig an der Verbrennung beteiligen, so müssen sie eben dort wieder gefunden werden, wo ihr Ausscheidungsweg aus dem Körper liegt, vor allem im Harn, vielleicht auch im Kot.

Die einfachste Methode zur Entscheidung der Frage muſs also auf die Bestimmung des Brennwertes des Harns hinausgehen; Untersuchungen, die ich zuerst ausgeführt habe, hatten das Resultat ergeben, daſs Fleischharn nicht nur kohlenstoffreicher ist, als wenn sich nur Harnstoff gebildet hätte, sondern auch weit mehr an Verbrennungswärme besitzt. Hungerharn, Fleischharn, Harn nach reiner Eiweiſsfütterung erwiesen sich im Brennwert sehr verschieden! Ich

1) Zeitschr. f. Biologie, XXI, S. 329.

betone dies, weil bezüglich einiger, den Harn betreffender Punkte in der Literatur ganz falsche Angaben enthalten sind.

Zur Charakterisierung der Harne verschiedener Herkunft habe ich neben der Verbrennungswärmebestimmung der trockenen Substanz noch eine Verbrennungsbestimmung auf feuchtem Wege angegeben. Ich habe gefunden, dafs sich die Verbrennungswärme des Harnstoffes mittels unterbromigsauren Natrons bestimmen läfst. Allerdings mufs man damit rechnen, dafs ein kleiner Rest des Harnstoffs unzerlegt bleibt, da die Verbrennung binnen weniger Minuten zu Ende geführt werden mufs.[1])

Aber der Harn enthält noch viele andere N-haltige Verbindungen, die bei kurzer Einwirkung der Bromlauge gar nicht angegriffen werden. Die Unzerleglichkeit einiger Harnbestandteile haben der Entdecker der Brommethode, Hüfner und dann Schleich, wohl gekannt, und diese Tatsache war vielen anderen wohl auch nicht unbekannt geblieben.

Auf diese ungleiche Zerleglichkeit verschiedener Harnbestandteile gründete ich 1885 die Untersuchung der Verbrennungswärme des Harns im feuchten Zustande, nachdem ich gefunden hatte, dafs Substanzen der regressiven Metamorphose, wie sie im Fleischextrakt enthalten sind, mit Bromlauge verschwindend kleine Wärmemengen liefern. Nach meiner Auffassung war die Verschiedenheit der Harne verschiedener Herkunft, wie sie sich für Hunger- und Fleischharn schon aus anderen Experimenten ergeben hatte, offenbar durch Mischungen von Harnstoff, Ammoniak etc. mit anderen den Extraktivstoffen ähnlichen Substanzen zu erklären.

Ich habe dann wohl auch zuerst 1885 festgestellt, inwieweit Harne verschiedener Herkunft eine verschiedene Zusammensetzung besitzen müssen, weil der Anteil des mit Bromlauge entwickelten N im Verhältnis zum Gesamtstickstoff ein so sehr verschiedener war, nämlich es fand sich:

bei Harn nach Fleisch-
extraktfütterung . . 63% N durch Bromlauge nachweislich,

1) Biologie, XXI, S. 288.

bei Hungerharn . . . 73 % N durch Bromlauge nachweislich,
bei Fleischharn . . . 80 % » » » »
bei Eiweifsharn . . . 88 % »[1]) » » »

Wenn demnach im Jahre 1886, also ein Jahr nach dieser meiner Mitteilung. Pflüger und Bohlandt schreiben: »Wir sind zu der wichtigen Entdeckung geführt worden, dafs neben Harnstoff sehr viel mehr N-haltige Substanzen im menschlichen Urin vorkommen, als man bisher gewufst hat«, so mag zutreffend sein, dafs Pflüger und Bohlandt diese Tatsache bis dahin unbekannt war; nach der üblichen literarischen Gepflogenheit haben sie aber nicht das mindeste Recht, sich diese Entdeckung zuzuschreiben. Jedenfalls war der Umstand, dafs die Bromlaugebestimmung weniger N liefert als das Gesamt-N beträgt, Hüfner und Schleich[2]) bekannt, und sicher ist von mir schon ein Jahr vor Pflüger und Bohlandt nicht nur die Tatsache einer Differenz zwischen Gesamt-N und Hüfnerstickstoff erwähnt, sondern die ungleiche Zusammensetzung der Harne verschiedener Herkunft auf diesem Wege bewiesen worden und in einem doch ziemlich gelesenen Artikel unter dem Titel Kalorimetrische Untersuchungen publiziert worden.

Wenn ich diese Richtigstellung hiermit erst jetzt vornehme, so liegt dies darin, dafs ich der Meinung war, es würde auch ohne solche Reklamationen die historische Wahrheit Geltung finden, es scheint dies aber nicht ganz zutreffend.

Noch ausgeprägter werden die Zahlen dieses wichtigen Befundes, wenn man, wie ich bei meiner Publikation getan hatte, berechnet, wie viel auf ein Gramm Gesamt-N im Harn an Wärme kommt, die mittels Bromlauge zu entwickeln ist. Es fand sich:

| | | | |
|---|---|---|---|
| | bei Fleischextrakt . . | 1,87 | Kalorien |
| im Harn nach | Fleischextraktgabe . . | 4,42 | » |
| » » » | Hunger . . . . . . . | 5,47 | » |
| » » » | Fleischfütterung . . . | 5,73 | » |
| » » » | Eiweifsfütterung . . . | 6,44 | » |
| | im Harnstoff (rein) . . | 7,05 | » |

1) a. a. O., S. 331.

2) Siehe auch die Kritik bei Camerer: Der Gehalt des menschlichen Urins an stickstoffhaltigen Körpern. Tübingen 1901, S. 33.

Diese Zahlen zeigten also besser als alle andern die aufserordentliche Verschiedenheit im chemischen Aufbau, und sie sind um so wichtiger auch für die Extraktfrage, weil ich zufälligerweise damals den Hungerharn, den Fleischextraktharn und Harn nach Eiweifsfütterung gerade der Versuchsreihe entnommen hatte, die Ausgangspunkt meiner publizierten Experimente über Fleischextrakt gewesen ist.

Der eigenartige Einflufs der Fleischextraktfütterung liegt also schon in diesen Experimenten klar zutage und es ist unerfindlich, warum man sie bei der Besprechung dieser Frage ganz totgeschwiegen hat.

Dies zur allgemeinen Charakterisierung der Verhältnisse; zur weiteren Prüfung wollen wir uns die Frage vorlegen, wie beschaffen ein Fleischharn unter der Voraussetzung, dafs die Eiweifsstoffe des Fleisches in den Harnstoff, der Extrakt aber unverändert in den Harn treten, vom kalorimetrischen Standpunkte aus sein müfste.

Der Wärmewert der Extraktivstoffe ist längst bekannt; wenn J. Frentzel und Toriyama in ihrer Publikation meinen, ihre Angaben seien die ersten auf diesem Gebiete, so befinden sie sich in einem Irrtum. Diesen Verbrennungswert kannte man schon vor 20 Jahren. Die kalorimetrischen Messungen beginnen doch nicht erst mit der allgemeinen Benutzung der Berthelotschen Bombe!

Nach meinen persönlichen Erfahrungen, über die ich bis jetzt nicht berichtet habe, schwankt der Wärmewert innerhalb bestimmter Grenzen, aber die Hauptursachen für die Verschiedenheit der Werte sind: die Schwierigkeiten der Analyse, Gleichmäfsigkeit des Trocknens, die Technik der Veraschung, Art der Probeentnahme, — all das spielt eine wichtige Rolle, mehr als die sog. Schärfe der kalorimetrischen Messung.

Für die weiteren Betrachtungen hätte man zu beachten, dafs der käufliche Fleischextrakt (auch der selbstbereitete) kleine Mengen Eiweifses und Albumosen einschliefst. Schon aus dem

---

1) a. a. O. siehe bei Bürgi.

Jahre 1866 existieren Analysen, die den »Leimgehalt« des Extraktes zu 10 % der organischen Substanz angeben.[1]) Später kamen korrigierende Angaben. Im Durchschnitt darf man als Fazit aller heute noch gültigen Untersuchungen annehmen, dafs 11 % des Gesamtstickstoffes, eiweifs- oder albumoseartiger Natur sind. Man soll aber dabei nicht übersehen, dafs die zu diesem Nachweis verfügbaren Methoden höchst wahrscheinlich und auch bei sorgfältiger Ausführung zu hohe Werte geben. Ob derartige ausgefällte Substanzen voll als »Eiweifs« geführt werden dürfen, wie es von F. und T. geschieht, kann fraglich sein. Ich fand derartige Stoffe noch wenig verändert vor, nachdem Bakterien wochenlang in den Extraktlösungen gewachsen waren![2])

Der von mir im Experimente verwendete Extrakt konnte nennenswerte Mengen von albumose- oder peptonartiger Materie nicht enthalten haben. Ich habe schon damals die noch wenig verwendete Phosphorwolframsäurefällung angewandt und gefunden, dafs die mir zur Verfügung stehende Probe Extraktes 15,6 % des Gesamt-N als Niederschlag mit diesem Reagenz gab. Von dieser ganzen Fällung konnte nur ein Teil eine komplizierte Zusammensetzung haben, weil, wie wir jetzt genauer wissen, aufser Albumosen und Peptonen auch eine Reihe einfacher Körper mit gefällt werden.

Nach diesen Vorbemerkungen gehen wir an die weitere Berechnung.

Nach meinen Analysen liefern 100 Teile trockenes, fettfreies Fleisch 15,4 Teile N.

100 Teile desselben Fleisches liefern 13,29 g organische Extraktivstoffe, frei von Leimsubstanzen. 1 g Extrakt organisch enthält im Durchschnitt 14,1 % N (die Art der Veraschung konnte die analytischen Ergebnisse sehr beeinflussen), demnach kann der Extrakt, welcher in 100 Teilen trockenen, fettfreien

1) König, Die Nahrungsmittel, I. Aufl., Bd. II.

2) Archiv f. Hygiene, Bd. XLVIII, S. 293.

Fleisches ist, 1,87 N liefern; 0,24 N kommen auf Kot; es bleibt für die Harnstoffbildung 15,40
» — 2,11
13,29 g N.

In diesen stecken 13,29 × 5,41 = 71,89 Kalorien.

Addiert sich hierzu der unverändert im Harn ausgeschiedene Extrakt, so gehen Kalorien verloren
13,29 (organische Stoffe) × 4,283[1]) = 56,95 »

also Harnstoff + Fleischextrakt Summe 128,84 Kalorien.

Von 15,16 g N, der im Harn austritt, müfsten nach dieser Berechnung 1,87 aus Extrakt sein, der Rest Harnstoff, demnach 12,3 % in Extraktstickstoff, 87,7 in Harnstoff.

Auf 13,3 N träfen sonach bei dieser Berechnung unter der Annahme völlig unversehrten Überganges des eingebrachten (wohl auch eiweifshaltigen) Extraktes in den Harn:

$$128{,}84, \text{ also } \frac{128{,}84}{13{,}3} = 9{,}25 \text{ als kalorischer Quotient,}$$

während tatsächlich nur 7,45 gefunden wird.

Bleiben wir aber nicht dabei stehen, uns den Harn zu betrachten, sondern gehen wir gleich auf die von Frentzel und Toriyama in den Vordergrund geschobene energetische Verwertung des Extraktes ein, so haben wir folgendes:

Wie viel wird tatsächlich im Harn an Kalorien verloren? Nach meinen direkten Bestimmungen 112,9 Kalorien.[2])

Somit erscheinen nicht mehr im Harn:

Harnstoff + Extrakt 128,84
Fleischharn — 112,90
15,94 Kalorien, demnach fehlen:

= **27,9 % der Extraktkalorien.**

Aber es ist ja gar nicht zu sagen, ob denn die Extraktivstoffe in ihrer Totalität den Weg durch den Harn finden müssen, es ist ohne weiteres recht wohl eine, wenn auch

1) Mittlere Verbrennungswärme für 1 g organisch.

2) Biologie, Bd. XIX, S. 343 u. Bd. XXI, S. 318.

beschränkte Ausfuhr einiger Anteile mit den festen Abgängen möglich. Auf 100 Teile Fleisch treten 16,8 Kalorien mit dem Kot aus, es können also hier wohl Anteile der in Frage kommenden Substanzen liegen. Den Tatsachen über die Ausscheidung des Kotes bei Eiweifs- und Fleischfütterung würde dies nicht widersprechen.

Für die obigen Betrachtungen hätte noch in Abzug zu kommen, dafs die Extrakte eine kleine Menge Albumosen etc. einzuschliefsen pflegen. Wir haben dieselbe auf rund 11% des Gesamtstickstoffes angegeben.[1])

Wenn in 100 Teilen trockenen Fleisches 1,87 N in Form von Extrakt sind, so treffen davon (11%) 0,20 g N auf Albumosen. Falls diese, was wahrscheinlich, eine dem Fleischeiweifs ähnliche Zusammensetzung haben, so treffen auf 1 N[2]) 34,54 Kalorien, für 0,20 also 6,71 Kalorien. Wir müssen demnach die Albumosen richtiger zum Fleisch selbst zählen und vom Extrakt abziehen.

Dann ergibt sich folgende Modifikation der Rechnung:

Es ist für Harnstoffbildung mehr zu rechnen:

| | | |
|---|---|---|
| | 0,20 × 5,41 = | 1,08 Kalorien |
| und vom Extrakt abzuziehen | 0,20 × 34,54 = | 6,71 » |
| Also für Harnstoffbildung im ganzen | 71,89 + 1,08 = 72,97 | 72,97 Kalorien |
| bei Fleischextrakt weniger . . . | 56,95 − 6,71 = 50,24 | 50,24 » |
| Die Summe des Verlustes beträgt also falls der N des Eiweifses nur in Harnstoff übergeht und der Extrakt völlig den Körper im Harn verläfst. | | 123,21 Kalorien |
| Der mit dem Harn gefundene Verlust betrug wirklich | | 112,9 » |
| | Differenz | 10,2 Kalorien |

1) König, Bd. II, S. 553, 1904.

2) Zeitschr. f. Biologie, XXI, S. 298.

Der Verlust, den die Extraktivstoffe beim Durchgang durch den Körper erleiden müfsten, würde sich also auf 20,3% in Kalorien stellen für den eiweifsfreien Extrakt und auf 17,9% für die übliche Berechnung auf die Zufuhr.

Kommen aber Anteile der Extrakte direkt oder nach einigen Modifikationen im Kot zur Ausscheidung, so würde dies den Verlust noch kleiner machen können, als wir geschätzt haben. Bei dieser Art der Berechnung haben wir den grofsen Vorteil, dafs wir von den Ausscheidungsverhältnissen des N aus dem Körper ganz und gar unabhängig sind, welche, wie wir später zeigen werden, im Experiment so grofse Schwierigkeiten bereiten und die Resultate trüben können.

Mit diesen kalorimetrischen Berechnungen decken sich die Versuche von Bürgi recht zufriedenstellend, während die Ergebnisse von Frentzel und Toriyama damit absolut unvereinbar sind. Sie rechnen einen Verlust an Energie von 64% (ja wenn ich eine einfachere Berechnung der Kotanalyse ausführe 67%), d. h. $^2/_3$ der zugeführten Kalorienmenge, nur 36% würden unverändert im Harn erscheinen!

Wenn man die richtigen Konsequenzen aus F. und T. Zahlen zieht, so würde die Berechnung des energetischen Wertes des Fleischharns einen um 20,5% niedrigeren Wert geben müssen als er tatsächlich gefunden worden ist!

Die Absicht meiner Untersuchungen war, darzutun, ob die Veränderungen der Extraktivstoffe im Körper derartige seien, dafs diese bei der Berechnung des Wärmewertes in Betracht gezogen werden müfsten, und ich habe schliefsen zu dürfen geglaubt, die Umänderungen seien im grofsen und ganzen nicht so bedeutend.

Daher mag die obsolete Frage, inwieweit die eben berechnete Veränderlichkeit des Extraktes beim Durchtritt durch den Körper die berechnete Verbrennungswärme des Fleisches beeinflufst, noch kurz gestreift sein, um diesen Einwand ein für allemal aus der Welt zu schaffen.

Die Rechnung ergibt, dafs 100 Teile Fleisch ohne Berücksichtigung der Verbrennlichkeit des Extraktes 405, und bei Berücksichtigung rund 395 Kalorien liefern würden. Der Fehler beträgt also im ersten Falle + 2,5%, das ist praktisch, und wenn man den anfänglichen Stand der energetischen Untersuchungen beachtet, eine ganz nebensächliche Gröfse. Wenn ich dagegen den Extrakt fälschlicherweise als völlig verbrennlich angesehen hätte, so wäre dadurch die Kalorienberechnung um 12,3% zu hoch geworden!

Wenn ich also in meiner Publikation über den Fleischextrakt das Urteil abgegeben habe, die Veränderungen der Extraktivstoffe beim Durchgang durch den Körper sind so geringfügige, dafs der Extrakt bei der Berechnung des Brennwertes des Fleisches aufser Betracht bleiben kann, so habe ich damit das Richtige getroffen. Ich habe also in meinen früheren Angaben nichts zu ändern. Die Extraktfrage erledigt sich für mich hiedurch und durch die experimentellen Ergebnisse Bürgis.

III.

Die Aufgabe, Stoffe der regressiven Metamorphose verschiedener Art auf ihren Abbau im Organismus zu untersuchen, kann uns in Zukunft noch öfter entgegentreten, und wenn es sich um Mischungen oft unbekannter Zusammensetzung handelt, dürfte manchmal ein summarischer Überblick über die Veränderungen im Körper wohl am Platze sein. So hat auch bereits Bürgi auf einige weitere derartige Probleme hingewiesen.

Es ist also durchaus zeitgemäfs und, wie ich meine, wohl begründet, an dieser Stelle etwas näher auf die Methodik einzugehen, welche bei solchen Experimenten innegehalten werden sollte, und auf die kritische Verwertung, welche die Resultate finden sollen.

Kaum zweifelhaft kann es sein, dafs in vielen Fällen sowohl die respiratorischen Ausscheidungen sowie auch Harn und Kot untersucht werden müssen, und diese Kombination der Untersuchung kann sich, wie ich bei dem Fleischextrakt gesehen habe, als recht wertvoll herausstellen, weil sich die beiderseitigen Resultate stützen können.

Wie aber die weiteren Erfahrungen meines Laboratoriums gezeigt haben, kann man auch Untersuchungen dieser Art durch ausschliefsliche Betrachtung der Ausscheidungsverhältnisse des Harns mit genügender Genauigkeit ausführen.

Wenn ein Erfolg auf diesem Wege erzielt werden soll, so mufs eine ganze Reihe von Vorbedingungen festgehalten werden.

Ich habe am hungernden Hund experimentiert und experimentieren lassen, und zwar aus guten Gründen.

Wenn man die Veränderungen einer Substanz beim Durchgang durch den Körper studieren will, und zwar die einer stickstoffhaltigen Mischung, so vollzieht sich die Ausscheidung zwar wesentlich mit dem Harn. Man wird wegen eines etwaigen Verlustes mit der Resorption und aus anderen zu erörternden Gründen einen Körperzustand wählen, bei dem die Kotausscheidung möglichste Minima aufweist, das ist eben im Hungerzustand der Fall.

Nach meinen Untersuchungen treffen auf 100 im Harn bei Hunger ausgeschiedener Kalorien (128,8 : 16,8) 13,0 auf Kot.

F. und T. haben statt diesen einfachen Versuchsbedingungen den Hund mit Kartoffeln und Fett gefüttert und dabei eine enorme Kotausscheidung im Verhältnis zum Harn bekommen, nämlich auf 100 Kalorien im Harn (84 : 107) 127,4 Kalorien im Kot, d. h. der Kot als Ausscheidungsquelle spielt eine 10 mal so grofse Rolle als in meinen Experimenten.

Dies ist ein sehr erheblicher Übelstand; wenn man sich über den Verbleib von nur 100 Kalorien täglicher Nahrungszufuhr Rechenschaft abzulegen hat, wie es bei solchen Experimenten mit Fleischextrakt der Fall war. Die Abgrenzung des Kotes ist in längeren Reihen eine ganz befriedigende und genügt in der Genauigkeit den gestellten Fragen; anders wird es, wenn man auf wenige Kalorien genaue Auskunft durch Beobachtungen einer 3- und 4tägigen Reihe geben soll. Wie wenig scharf diese Abgrenzung bei F. und T. war, geht schon aus der Art der Analyse des Kotes nach Zugabe von Fleischextrakt hervor, den sie in ganz anderer Weise behandelt haben als den Kot der vorhergehenden Reihe ohne Extrakt.

Die Komplikation durch Kotbildung kann aber noch weiter unbequem werden, denn Fleischextraktzufuhr kann, wie es scheint, ein gleichzeitig gegebenes Nahrungsmittel in der Resorption beeinflussen. Hierüber sind auf dem letzten Internationalen Kongrefs für angewandte Chemie bemerkenswerte Mitteilungen gemacht worden. Die Resorptionsgröfse mehrerer untersuchter Nahrungsmittel hatte bei Extraktbeigabe zugenommen. Ob dies allgemein geschieht, weifs man nicht, aber es bleibt bei Fütterungsversuchen in der Art und Weise, wie F. und T. sie angestellt haben, immer die Ungewifsheit, inwieweit nicht doch auch solche Wirkungen des Extraktes vorliegen mögen.

Wenn aber, im Gegensatz zu den eben gegebenen Auseinandersetzungen, eine Kotvermehrung, wie F. und T. aus ihren Versuchen es ableiten, vorliegt, so ist sie nicht, wie die genannten Autoren unbewiesen annehmen, so zu erklären, dafs eben Extrakt nicht resorbiert wurde. Es kann sich zum mindesten auch um eine durch den Darmreiz erzeugte Erhöhung der Kotbildung handeln. Keinesfalls darf man ohne weiteres die im Kote reichlicher kommenden Kalorien glatt von der Einnahme abziehen. Das Mehr im Kote ist eine Ausscheidungsgröfse, die in bezug zur vollen Nahrungsaufnahme gesetzt werden mufs. Das Gesagte wird genügen, um zu zeigen, dafs für die vorliegende Frage ganz unmöglich der Extrakt einfach als Beifutter zu anderer Kost gegeben werden sollte, wenn es gilt, die Umsetzungen eines kalorisch so geringwertigen Materials zu prüfen, was selbst, wenn es voll verbrennlich wäre, nur in Quantitäten eingeführt wird, welche vielleicht noch nicht $^1/_7$ des täglichen Energiebedarfes ausmachen!

Der Kot spielt dann in alle Rechnungen hinein. Der Kot kompliziert auch wieder die Berechnung der zu Verlust gegangenen Kalorien. Die Anzahl der Kalorien ist in der Vorperiode 26,75 täglich, in der Fleischextraktperiode 26,4 Kalorien, also weniger; nun ziehen F. und T. das Rohfett der beiden Kotsorten heran; in der Vorperiode war mehr Rohfett im Kot als in der Extraktperiode, und so bleibt ihnen nach diesen Abzügen noch ein grofses Plus an Kalorien für den Extrakttag.

Auch diese Rechnung kann man beanstanden. Ganz abgesehen von der Frage des Kalorienwertes des Rohfettes kann man eine solche Berechnung nicht ausführen. Wenn auch das Rohfett natürlich nichts mit dem gefütterten Extrakt selbst zu tun hat, so weifs man doch nicht, welche sonstige Änderungen im Kot erfolgt sind, wie viel Seifen in beiden Kotsorten gewesen sind u. dergl.

Das Rohfett rührt auch gar nicht alles vom gefütterten Fett her. Die ganze Berechnung dieser Kotkalorien ist unsicher; aus den beobachteten Zahlen ist nur das eine gewifs, dafs nach Fleischextraktzufuhr sogar etwas weniger an Kot kam wie in der Vorperiode.

Eine weitere Aufgabe besteht in der Feststellung der Gröfse der Ausscheidung von Extraktanteilen mit dem Harn. Der Harn nach Extraktfütterung ist zweifellos nicht ausschliefslich durch die Extraktbestandteile gebildet, sondern eine Mischung von Harn, der sich aus der Zerlegung von Eiweifsstoffen gebildet, und solchem, welcher aus Extrakt stammt. Man mufs also die Untersuchung unter solchen Umständen machen, welche eine gleichmäfsige N-Ausscheidung erwarten lassen.

Auch dazu eignet sich der Hungerzustand. Die Gesetze des N-Verbrauchs im Hunger kennt man für Fleisch- wie Pflanzenfresser, Vögel usw. genügend. Selbstredend könnte man auch eine N-freie oder N-arme Kost wählen, wenn nicht der dabei erzeugte Kot, wie oben gesagt, eine Störung brächte. Legt man die Extrakttage zwischen Hungertage, so hat man, soweit überhaupt unsere Methodik reicht, genügende Garantie für die Beurteilung der mittleren Stickstoffausscheidung.

F. und T. haben auch hierin und zwar nicht mit glücklicher Hand einen ganz anderen Weg eingeschlagen. Sie sagen: »Wir sahen in der Einleitung, dafs Rubner das Zurückbleiben von Fleischextraktbestandteilen im Körper seines Hundes durch die Besonderheit der vorausgegangenen Fütterung zu erklären sucht. Um nun bei unserem Versuche ähnliche ‚abnorme‘ Verhältnisse zu vermeiden, haben wir nicht alsbald den Fleischextraktversuch an den eben besprochenen Vorversuch angeschlossen, sondern

das Tier erst einige Tage lang in gewohnter Weise mit Reis, Schmalz und Fleisch gefüttert und dann erst, als sich der Körper des Tieres unter denselben Bedingungen befand (welche? Ref.), wie bei Beginn des Versuches, den Fleischextraktversuch in Gang gebracht.«

Angeblich wollen F. und T. etwas vermeiden, das in meinem Versuch störend eingegriffen hat; meine und ihre Experimente aber in Analogie zu stellen, geht gar nicht an. Ich habe beobachtet, dafs mein hungerndes Tier die ganze Versuchsperiode von 4 Tagen an Gewicht zugenommen hat. Diese nicht zu bestreitende Tatsache ist nur durch Zurückhaltung von Wasser zu erklären, und dieses Wasserbedürfnis kann logischerweise nur auf einen vorhergehenden Wasserverlust bezogen werden, und dafür war in meinen Experimenten Gelegenheit, weil ich vor den Extrakttagen und den dazugehörigen Hungertagen sehr wasserarmes Fleischeiweifs gefüttert hatte.

Diese von mir zuerst gesehene starke Wasserentziehung durch Verfütterung von ausgewaschenem und ausgeprefstem Fleischeiweifs ist auch von anderer Seite[1]) beobachtet und zum Studium der Wasserentziehung bei Hunden methodisch verwertet worden

Nun kann man doch niemandem zumuten, zu glauben, es sei bei Kartoffelkost, die eben ein Minimum an Eiweifs und reichlich Wasser enthält, eine solche Vorsicht geboten wie bei entwässertem Eiweifs!

F. und T. konnten bei ihrer Versuchsanordnung also das Gleiche, wie ich gesehen, überhaupt nicht erwarten, und es war daher die Trennung des Extraktsversuchs von der Vorperiode durch nichts gerechtfertigt, ja wir erfahren nicht einmal, welches Körpergewicht der Hund an den verschiedenen Tagen hatte. Kam es darauf an, zu beweisen, dafs bei Fr. und T. hierdurch keine Änderung des Wasserbestandes eingetreten war, so hätte doch die Erhebung des Körpergewichts notwendig ausgeführt und mitgeteilt werden müssen. Dies ist aber nicht geschehen.

So folgte auf einen am 23.—27. Januar ausgeführten Versuch am 5.—8. Februar ein Extraktversuch, also nach 7tägiger weiterer

1) **Straub**, Zeitschr. f. Biologie, Bd. XXXVIII, S. 537.

Fütterung.[1]) Kein Mensch wird deswegen, weil ein Fütterungsversuch mit Kartoffel und Fett eine Woche vorher ausgeführt wurde, sagen können, er wisse genau, wie viel der Hund an N an diesen durch Fleischextraktzufuhr komplizierten Fütterungstagen ausgeschieden hätte, wenn eben Fleischextrakt nicht gegeben worden wäre. Und doch kommt es eben hier bei dieser Art von Versuchen auf kleine N-Mengen ganz erheblich in der Berechnung an und je genauer man zu schätzen in der Lage ist, wie viel N ein Hund ohne Fleischextraktzufuhr an den Tagen, deren N-Ausscheidung durch Extrakt verändert ist, umgesetzt hätte, um so verwendbarer ist das Resultat.

Man braucht also eine Vergleichsbasis, auf welche man die Versuchsergebnisse mit Extrakt beziehen kann, und diese bietet zweifellos bei F. und T. bei so langer Trennung zweier zusammengehöriger Versuchsteile keine genügende Sicherheit für die vorliegende Frage.

Aber nehmen wir an, es sei auch ein idealer Versuch gelungen, und die Ausscheidungen in der Hunger- wie in der Extraktperiode tadellos sichergestellt, wird dann eine einfache Subtraktionsmethodik zwischen Extraktharn und Vorperiode angeben, wie viel von dem gefütterten Extrakt wieder ausgeschieden wurde?

Nehmen wir die vorläufig noch von niemandem bestrittene Voraussetzung an, der N der Extraktivstoffe werde im Harn (oder Kot) wieder ausgeschieden, so darf ein Experiment zweifellos nicht eher unterbrochen werden, als bis ein Gleichgewichtszustand der Ausscheidungen eingetreten ist und als Überschufs soviel an N erscheint, als in den Körper an N im Extrakt eingeführt wurde (oder ein sonstiger Gleichgewichtszustand eintritt).

Wollte man dieser Bedingung nicht genügen und das Ergebnis auch dann für verwertbar halten, wenn nur ein Teil des Stickstoffs wieder erschienen ist, so würde man bei der Feststellung des physiologischen Nutzwertes des Fleischextrakts genau so unverständig verfahren, als wenn man den Nutzwert des Fleisches

1) Und keine zweite Normalreihe! (Nachperiode.)

und anderer N-haltiger Körper feststellen wollte, ohne sich darum zu kümmern, ob denn aller N auch umgesetzt worden ist. Je nachdem mehr oder weniger Eiweifs angesetzt worden wäre, hätte man bald einen grofsen, bald einen kleinen Nutzwert des Fleisches etc.

Erscheint aber der N nach Extraktgaben nicht wieder in den Ausscheidungen, so mufs doch dieses Nichterscheinen erklärt und das Fehlende gegebenenfalls in der Rechnung berücksichtigt werden.

Ich habe zuerst gesehen, wie nach Extraktfütterung keineswegs aller N im Harn wieder zu finden, oder aus den Ergebnissen zu berechnen war, und unter den Bedingungen meiner Experimente auf eine Retention von Extraktbestandteilen geschlossen.

F. und T. haben zufälligerweise auch ein solches Defizit (von rund 22,4 %) erheblicher Art gefunden, sie berechnen aber das Fehlende nicht als Retention im Körper, sondern einfach als »verbrannt«, d. h. als Energieverlust des Extraktes beim Durchgang durch den Körper.[1])

Wohin sollte es führen, wenn man nur das, was man eben unter ganz wechselnden Versuchsbedingungen nicht wiederfindet, einfach als ausgenutzten Kraftverbrauch auffassen wollte.

Wenn sich F. und T. nun doch einmal nur auf die Untersuchung der flüssigen und festen Abgaben beschränken wollten, so mufste es auch ihre Sorge sein, eine Aufklärung in dieser Richtung zu geben. Sie haben so viele unbedeutende Punkte bei der Berechnung ihrer Experimente in Erwägung gezogen, dafs man füglich betroffen ist, über den Verbleib von $^1/_5$ der eingeführten Stoffe nichts weiter zu hören.

Wenn der N zu über $^1/_5$ nicht wiedergekommen sei, so müfste doch eine mehr oder minder grofse Menge der Kalorien mit dem N irgendwo verblieben sein. Diese Stoffgruppen können doch nicht mit der Atmung verschwunden sein, also mufs ihr Verbleib festgestellt oder ein bestimmter Rest des Extraktes als noch nicht ausgeschieden aufser Rechnung bleiben. Dafs man

1) Von 3,813 N der Zufuhr kommen im Harn 2,956 nach ihrer Rechnung wieder = 0,857 g zu wenig, und wenn man das Mehr im Kot der Extrakttage berücksichtigt, 0,857—0,19, zum mindesten 0,667 g zu wenig.

ganz andere Werte als Ergebnis bekommen hätte, dürfte jedem Leser klar sein.

Durch diese Aufserachtlassung von 22% des gefütterten N erklärt sich natürlich ohne weiteres ein grofser Teil der angeblich verbrannten und im Körper verwerteten Energiemengen, ich will also auf diesen Punkt nicht weiter mehr zurückkommen.

Läfst sich aber überhaupt die einfache Subtraktionsmethode (Werte der Extrakttage minus den Werten der Tage ohne Extrakt), die F. und T. verwenden, unter allen Umständen als richtig ansehen?

Kann man erwarten, dafs der eingeführte Extrakt auch nur hinsichtlich des N-haltigen Teils ganz als Überschufs über die »Vorperiode« erscheint?

Was bedeutet das Fehlen von N in den Ausscheidungen, wenn sich bei solchen Berechnungen nicht aller im Extrakt eingeführter N in den Ausgaben wieder findet?

Ist die Annahme einer vergleichenden Vorperiode, welche erlaubt, ihre Werte von den Extrakttagen in Abzug zu bringen, um den wahren, durch die Extraktzufuhr bedingten Überschufs zu erfahren, zulässig?

Das alles sind Fragen, auf die man sich einlassen mufs, wenn, wie gesagt, Harn und Kotausscheidung allein den Entscheid in der Frage bringen sollen.

Bei einem Experiment mit Fleischextrakt und ähnlichem werden die Ergebnisse offenbar, wie man sich klar machen mufs, durch die eigenartige Zusammensetzung aus Eiweifsstoffen, Albumosen, Leim u. dgl. einerseits und den Extraktivstoffen im engeren Sinne andererseits in doppelter aber verschiedenartiger Weise beeinflufst.

Nehmen wir zuerst die Verhältnisse der eiweifshaltigen Stoffe. Welche Erscheinungen können sich bei der Zufuhr dieser Stoffe geltend machen?

F. und T. machen sich offenbar die Vorstellung, dafs Eiweifszufuhr einfach ein Plus an Stickstoff und Kalorien über die Verhältnisse der Hungerausscheidung hinaus geltend macht?

Sie schreiben: »In der zweiten Reihe werden täglich noch 40 g Fleischextrakt mit 1,155% Eiweifs N gereicht, d. h. also

0,4620 g Eiweifs N pro Tag; diesen entsprechend erscheinen 0,462 × 7,31 = 3,38 Kalorien im Harn[1]); es wurden also, wenn man diese aus Eiweifs stammenden Kalorien abzieht, im Harn der Fleischextraktreihe täglich 34,36—3,38 = 30,98 Kalorien mehr ausgeschieden als am Tage der Vorperiode.«

Die Verfasser meinen also, der Überschufs an Kalorien im Harn, welchen sie durch Abzug der an den Fütterungstagen mit Kartoffeln und Fett, von den Fütterungstagen mit Kartoffel-Fett-Extrakt erhaltenen Werten erzielten, sei zu grofs gewesen, denn in diesem Kalorienüberschusse steckten auch die Verbrennungsprodukte aus dem eingeführten Eiweifs, und müfsten daher abgezogen werden.

Das ist eine ganz falsche Vorstellung und ein unrichtiges Verfahren; der N des Harns, soweit er von der Eiweifszufuhr herrührt, erscheint er eben ganz und gar nicht als einfaches Plus, sondern ersetzt mehr oder minder den sonst im Hungerzustande verausgabten N.[2])

Wenn man Fleisch in kleinen Mengen (s. o. S. 18) verabreicht, so wird dabei, sofern diese Mengen den N-Umsatz des hungernden Hundes decken sollen, kein Gleichgewicht erreicht, sondern sogar etwas mehr an N ausgeschieden als vordem. Die besten Beispiele für solche Umsetzungen finden sich bei E. Voit (Zeitschr. f. Biologie XXXII, S. 64, 78, 90 und 93), denen ich ähnliche eigene Werte beifügen könnte. Man kann in runder Summe annehmen, dafs bei 100 Teilen N-Zufuhr der Umsatz = 125 wird. 100 Teile Nahrung haben also den ursprünglichen Verlust 100 heruntergebracht auf 100—25 = 75.

Diese Zahl könnte man den Nutzwert des Stickstoffs heifsen. Zieht man bei solchen Experimenten die Hungerwerte von den Fütterungswerten ab, so finden wir also nur 25% des N wieder und 75% »sind verschwunden.« Also jede Wertigkeit des N mufs sich also in einem solchen Defizit des N ausdrücken.

Diese Wertigkeit ist aber sehr ungleich.

1) d. h. als Fleischharn gerechnet.

2) Siehe die Beispiele bei Bürgi, S. 16.

Auch über den Leim wissen wir aus den Versuchen von Kirchmann[1]) wie er sich gegenüber der Vertretung des im Hunger zersetzten Stickstoffes verhält. Wenn man aus diesen Experimenten (S. 78) diejenigen auswählt, in denen knapp so viel Leim N gegeben wurde als im Hunger umgesetzt wurde, und berechnet wie viel 100 Teile N der Zufuhr von der im Hungerzustand verlorenen N-Menge einsparen, so kommt man (Versuche 4, 5) auf die Zahl 25,8.

Der Leim ersetzt also nur einen sehr kleinen Teil des Stickstoffs, obschon er auch den Eiweifsstoffen in Entstehung und sonstigem Nährwert nicht so fern steht.

Bei einer Differenzrechnung fehlen also rund 26% der N-Zufuhr, wir finden in den Ausscheidungen mehr + 74% des N.

Aus den beiden angeführten Beispielen dürfte ersichtlich sein, dafs den Extraktivstoffen doch unzweifelhaft noch eine Rolle zufallen mufs, welche sogar unter der des Leimes stehen wird, was die N-Sparung anlangt; mit anderen Worten, es ist in hohem Mafse wahrscheinlich, dafs der Extraktstickstoff — abgesehen von dem kleinen in Albumosen gebundenen Teil — fast völlig in den Ausscheidungen wird wieder auftreten müssen. Von dem Albumosen-N ist aber in der Ausscheidung — betrachtet nach der »Subtraktionsmethode« — nur ein Teil zu finden.

Es verträgt sich also unter keinen Umständen mit den Vorstellungen über die Funktion N-haltiger Abbauprodukte, dafs durch diese Vertretung und Ersparnis der im Hunger zersetzten Substanz von seiten der Extraktivstoffe eine erhebliche Sparung eintritt, also ein gröfseres Defizit an N bei der schematischen Subtraktionsberechnung gedeckt wird. Wenn es wahr ist, dafs rund 11% des Eiweifs-N aus Albumosestoffen besteht oder sonst physiologisch gleichwertigen Gruppen, so mag das durch die ernährende Wirkung zu erklärende Defizit vielleicht 7—8% des N der Zufuhr ausmachen.

Der Eiweifs- und Albumosengehalt erklärt also, wie ich eben gezeigt habe, einen Teil des anscheinenden Defizits des

1) Zeitschr. f. Biologie, XL, S. 78.

N und ein entsprechendes Kaloriendefizit. Aber man kann unmöglich annehmen, dafs darüber hinaus die zugeführten Extraktstoffe eine solche eiweifssparende Wirkung gehabt haben, wie man sie z. B. aus meinen älteren Experimenten und denen von F. und T. ableiten mufs, wie ich gleich zeigen will:

In dem vorliegenden Versuch von Fr. und T. könnte man noch folgende Berechnung ausführen:

| | |
|---|---|
| Ausgeschiedener N im Harn der Extrakttage . . . | 5,29 g N |
| Einnahme an Extrakt . . . . . . . . . . . . . | 3,81 » » |
| Vom Körper abgegeben | 1,48 g N |
| Die Eiweifszersetzung der Tage ohne Extrakt war . | 2,33 g N |
| wovon | 1,48 » » ab |
| somit sind ersetzt | 0,85 g N |

hierzu dienten 3,81 N der Zufuhr.

100 N Zufuhr an Extrakt hätten demnach 16 Teile N des Hungerumsatzes ersetzt.

Eine andere Berechnung meines älteren Versuches gibt:

| | |
|---|---|
| Umsatz der Fleischextrakttage . . . . . . . . . | 6,81 g N |
| in der Zufuhr . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3,61 » » |
| also vom Körper abgegeben | 3,20 g N |
| In der Hungerperiode vor dem Umsatz . . . . . | 4,36 g N |
| Wenn noch 3,2 vom Körper kommen . . . . . . | 3,20 » » |
| bleiben als ersetzt durch Extrakt | 1,16 g N |

Demnach haben 3,61 N an Extrakt 1,16 N, der sonst ausgeschieden wurde, ersetzt oder

100 N ersetzen 32,1.

Aus dem Vorstehenden würde also folgen, dafs 100 Teile Extraktstickstoff nicht weniger als einen Nutzeffekt bis zu 32 % haben könnten, während man doch bei Leim nur 26 % berechnen darf. Es kann sich also um solche Ersparungen gar nicht handeln, in den Versuchen von Bürgi zeigt sich, wie sich das N bis auf wenige Prozente, die sich ganz gut durch die Eiweifswirkung der Albumosen erklären, nach Extraktgabe wieder finden läfst.

Je nach dem Eiweifsgehalt eines Präparates werden wir also recht verschiedentliche Defizite haben können, im Durchschnitt müssen bei Extrakt vielleicht 5—8 % auf solche »Einsparung« zurückgeführt werden können, mehr läfst sich als scheinbare Retention nicht erklären.

Da das mitgefütterte Eiweifs auch Eiweifs spart, so verändert sich an den Extrakttagen sozusagen die Basis der Berechnung, es ist, als wenn sich der Hungerstoffwechsel erniedrigt hätte und der durch Subtraktion zu gewinnende Wert wird zu klein, läfst man also das Eiweifs in der Zufuhr beiseite, so hat man noch zu erwägen, dafs auch die Vergleichszahlen der Hungertage nicht mehr das angeben, was vom Körper abgegeben worden ist, sondern der berechnete Hungerverbrauch mufs um den Anteil gekürzt werden, welcher aus der Zerlegung des N-haltigen Anteils des Eiweifses stammte. Ich will vorläufig auf diesen Umstand nicht weiter eingehen.

Dafs auch durch gelegentliche Änderung im Wassergehalt des Körpers kleine Ungenauigkeiten der Zersetzung und der Ausscheidung des N kompliziert auftreten können, mag nur kurz erwähnt sein.

Eine weitere Möglichkeit, ein N-Defizit zu erklären, läge in der Annahme eines N-Ansatzes. Hierüber können wir schnell vorüber gehen; Ansatz von N aus den kleinen Anteilen Eiweifs des Extraktes ist unter den obwaltenden Umständen unmöglich.

Die dritte endlich besteht in der Zurückhaltung von Extrakt im Körper. Für dieses Vorkommen sprechen eine ganze Reihe von Tatsachen.

Das Gesagte ergibt, dafs die Versuchsmethodik, wenn sie zum Ziele führen soll, eine recht wohl überlegte sein soll, und dafs wir keineswegs einen beliebigen Spielraum haben. Die Art der Berechnung hat die ungleiche Funktion zwischen Eiweifsstoffen und Extraktstoffen gebührend zu beachten. Die Berechnung der Ergebnisse darf nur für den Gleichgewichtszustand ausgeführt werden, also namentlich ist es ungehörig, Bestandteile, welche zum vorübergehenden oder längeren Verbleib im Organismus bestimmt sind, aufser Betracht zu lassen.

## IV.

Es ist unmöglich, die zum Teil sehr erheblichen Defizite in der Ausscheidung des N nach Fleischextrakfütterung nur durch den Eiweifsgehalt des Extraktes, oder durch eine mit Bezug auf

den N-Bedarf direkt nährende Wirkung der Extraktivstoffe zu erklären, wie ich eben bewiesen habe.

Wir kommen daher wieder zu der Anschauung, die ich am Anfang vertreten habe, zurück, dafs vom Extrakt mitunter — die Versuche von Bürgi zeigen die fast völlige Wiederkehr des N — ein Teil im Organismus zurückgehalten werden kann. Diese Zurückhaltung war in meinem älteren Versuch begleitet von einem Wasseransatz. Ich möchte zum Beleg der Sache eine Versuchsreihe mitteilen, die nicht nur durch die Gewichtsänderungen, sondern durch direkte Beobachtung der Wasserbilanz den Wasseransatz in Wasserabgabe uns vorführen sollen. Dabei wurden aber auch alle sonstigen zur Beurteilung eines solchen Experiments notwendigen Erhebungen gemacht.

Der von Dr. Spitta ausgeführte Versuch hatte die Aufgabe, bei hoher Lufttemperatur namentlich die Respirationsverhältnisse nach Extraktzufuhr zu prüfen. Es war zwar schon in meinen älteren Versuchen kein Grund zu finden gewesen, um einen Einflufs der Extraktfütterung auf den Kraftwechsel anzunehmen, aber man kann ja das Experiment auch schärfer machen, wenn man bei 28—30° jede Möglichkeit chemischer Regulation ausschaltet, wobei dann etwaige Reizwirkungen voll zum Ausdruck kommen müfsten. Ich habe aufserdem mit diesen Versuchen auch noch die direkte kalorimetrische Messung der Wärmeabgabe verbunden.

Die Extraktmengen wurden klein gewählt; ich hatte aber wie immer die Absicht, nicht mehr einzuführen, als bei reichlicher Fleischkost im Fleische von den Tieren als Extrakt verzehrt wird. Man könnte denken, dafs durch überreichliche Zufuhr ein unnatürliches Hindurchjagen des Extraktes durch den Körper herbeigeführt wird.

Der verwendete Fleischextrakt hatte 79,84% Trockensubstanz, 9,52% N und 27,06 C der frischen Substanz.

In 80 g frischer Substanz waren 7,61 N und 21,65 C = der 2 tägigen Dosis, ferner 12,81 g Asche und 4,20 g $PO_4H_3$,

**1 N also = 28,4 C = 0,552 $PO_4H_3$.**

63,84 trockener Extrakt liefern 224,6 Kalorien, 1 N = **29,64 Kalorien** (1 g Organisch 4,401 Kalorien = 0,1484 N).

Die Ergebnisse des Versuchs sind in folgenden drei Haupttabellen zusammengestellt.

**Tabelle I.**

**Ausscheidungsverhältnisse im Harn.** [2])

| Tag | Extrakt aufgenommen g | Wasser aufgenommen | Harn ausgeschieden ccm | N ausgeschieden Harn | N in Kot | C ausgeschieden Harn | C in Kot | $\frac{C}{N}$ im Harn | $PO_4H_3$ Harn | Kal. $\frac{}{N}$ im Harn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | — | 412 | ? [1]) | 4,25 | 0,08 | 3,11 | 0,5 | 0,73 | 0,736 | 6,51 |
| 2. | — | 455 | 92 | 3,33 | 0,08 | 2,64 | 0,5 | 0,79 | | |
| 3. | 40 (= 3,8 N) | 610 | 280 | 5,39 | 0,24 | 4,95 | 1,6 | 0,92 | 3,61 | 11,83 |
| 4. | 40 (= 3,8 N) | 700 | 282 | 4,78 | 0,24 | 4,81 | 1,6 | 1,01 | | |
| 5. | — | 345 | 45 | 2,43 | 0,08 | 1,76 | 0,5 | 0,72 | 0,485 | 7,80 |
| 6. | — | 320 | 55 | 2,56 | 0,08 | 1,38 | 0,5 | 0,61 | | |

**Tabelle II.**

**Respirationsverhältnisse und Kraftwechsel für 24 Stunden.**

| Tag | Gewicht zu Anfang und Ende des Tages | Temp | $CO_2$ Respir. | C Respir. | C in Harn u. Kot | Summe C | N-Umsatz | Fett C | Kalorien | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Eiweifs | Fett | Summe |
| 1. | 7690<br>7380 | 27,6 | 206 | 56,1 | 3,6 | 59,7 | 4,3 | 45,6 | 107,5 | 560,8 | 668,3 |
| 2. | 7380<br>7270 | 27,4 | 173 | 47,1 | 3,1 | 50,2 | 3,4 | 39,0 | 85,0 | 479,7 | 564,7 |
| 3. | 7270<br>7150 | 27,7 | 186 | 50,8 | 6,5 | 57,3 | 5,6 | — | — | — | — |
| 4. | 7150<br>7190 | 28,9 | 155 | 42,2 | 6,4 | 48,6 | 5,0 | — | — | — | — |
| 5. | 7190<br>7000 | 29,9 | 154 | 42,0 | 2,3 | 44,3 | 2,5 | 36,1 | 62,5 | 444,0 | 506,5 |
| 6. | 7000<br>6930 | 29,5 | 135 | 37,4 | 1,9 | 39,3 | 2,6 | 30,7 | 65,0 | 377,6 | 442,6 |

1) Nicht direkt gemessen, nur inkl. des zur Blasenspülung verwendeten Wassers.

2) Kot wurde in der Tabelle nicht berücksichtigt. Im Hungerkot des Hundes fanden sich pro 2 Tage 0,132 g $PO_4H_3$, im Extraktkot 0,261.

3) Mittelgewicht aller Hungertage 7,27, aller Extrakttage 7,19 Kilo.

4) Nach dem Ausspülen der Blase 45 g frischen Kot abgesetzt = 12 g Trockensubstanz. Die Gewichte verstehen sich für das blasenreine Tier.

Tabelle III.

**Wasserbilanz.**

| Tag | Aufnahme | | | Abgabe | | | | Körper | | Körpergewicht änderung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | in Kost | durch Zersetzung [3]) | Summe | Respir. | Harn [2]) | Kot | Summe | nimmt zu an Wasser | gibt ab an Wasser | |
| 1. | 432 | 172 | 604 | 694 | 79 | 6 [1]) | 779 | — | 175 | — 310 |
| 2. | 455 | 139 | 594 | 493 | 82 | 6 | 581 | 13 | — | — 130 |
| 3. | 578 | 125 | 703 | 438 | 257 | 6 | 701 | 2 | — | — 120 |
| 4. | 668 | 125 | 793 | 352 | 261 | 6 | 619 | 174 | — | + 40 |
| 5. | 345 | 112 | 457 | 441 | 38 | 6 | 485 | — | 24 | — 190 |
| 6. | 320 | 115 | 435 | 350 | 47 | 6 | 403 | 32 | — | — 70 |

Die Ergebnisse zeigen eine abfallende Reihe der Kohlenstoffausscheidung, und diese wird offenbar durch einen eigenartigen Umstand im Verhalten des Körpergewichts mit beeinflufst. Der erste Tag steht noch unter dem Einflufs der Gewöhnung an den Apparat, obschon der Hund schon einen Tag vorher ins Kalorimeter gebracht worden war. Dann sinkt die $CO_2$-Ausscheidung gleichmäfsiger. Der erste Fleischextrakttag brachte eine kleine Zunahme der $CO_2$-Ausscheidung, die wohl auf die Unruhe des Tieres zu schieben sein dürfte, denn am nächsten Tage sinkt trotz des gleichen Fütterungszustandes die $CO_2$ wieder ab und der darauffolgende Hungertag bringt keine Veränderung. Erst am sechsten Tage geht der Abfall rasch weiter.

Die Berechnung pro Kilo Tier ist ohne weiteres nicht genau durchzuführen; denn zweifellos ist eine Störung vorhanden am

1) Aufgerundet statt 5,7.

2) Trockengewichte des Harns:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| I. Periode | Summe | 23,4 g | a) 13,1 | b) 10,3, |
| II. » | » | 44,0 » | a) 23,3 | b) 20,7, |
| III. » | » | 14,6 » | a) 7,0 | b) 7,6. |

3) Nach Rubner, Archiv f. Hygiene, XXXVIII, S. 157 berechnet: 1 N = 26,2 Organ- und Oxydationswasser = 1 Fettkal. = 0,110 Oxydationswasser.

| a) | b) | c) | d) |
|---|---|---|---|
| 111,3 | 86,4 | 63,6 | 67,1 |
| 61,1 | 52,2 | 48,4 | 48,1 |
| 172,4 | 138,6 | 112,0 | 115,2. |

vierten Tage, wo das Tier trotz Hungerns um 40 g zugenommen hat. Hier kann nur Wasser im Körper zurückgehalten worden sein. Am verständlichsten werden die Zahlen, wenn wir die Wasserbilanz betrachten. Hier sind alle Werte, welche direkt zu gewinnen sind, durch Analyse festgestellt, nur das Wasser, welches aus den zersetzten Stoffen stammt, mufs berechnet werden, wofür ich an anderer Stelle nähere Unterlagen gegeben habe. Aus den Versuchsergebnissen geht eine zum Teil recht erhebliche Schwankung der Wasserabgabe hervor. Am ersten Tag hat das Tier an 175 g Wasser von seinem Bestande eingebüfst (2,3% seines Gewichtes), an den folgenden Tagen wird dieser Verlust ersetzt. Am 2. Tage der Extraktfütterung blieben 174 g Wasser im Körper zurück und das Körpergewicht nahm gar nicht ab, sondern trotz Hunger um 40 g zu!

Solche Schiebungen im Wassergehalt sind doch viel häufiger als manche annehmen; ich habe sie in den letzten Jahren mehr als bequem ist, gesehen; auch mein früherer Fleischextraktversuch zeigte an Hunger- wie an Extrakttagen diese Erscheinung. Dort waren die Gewichte:

18,40 kg (Hunger),
18,40 » (Extrakt),
18,45 » (Extrakt),
18,470 » (Hunger),

obschon das Tier täglich um mehr als 200 g an Gewicht hätte einbüfsen müssen.

Denselben Vorgang hatte ich noch bei einem anderen, deshalb nicht weiter durchgeführten Experiment mit Extrakt zu sehen Gelegenheit. Diese Wasserzurückhaltung steht nicht mit der Extraktfütterung, sondern offenbar mit dem Hungerzustand in Zusammenhang. Mir scheint dieser Vorgang mit Eigentümlichkeiten mancher Tiere zusammenzuhängen, vielleicht mit dem Alter der verwendeten Hunde. Eliminiert man Ansatz und Abgabe von Wasser aus den Körpergewichtszahlen, so treten die Differenzen in der Kohlensäureausscheidung etwas zurück aber

doch nicht völlig. Die Kohlensäurewerte fallen ziemlich rasch ab. Man kann folgende mittlere Werte pro Kilo annehmen:

| | | |
|---|---|---|
| 1. 73,5 | 3. 69,1 | 5. 58,3 |
| 2. 62,9 | 4. 58,7 | 6. 53,5 |

Man wird auf ein Mittel von 62,0 für die extraktfreien und 63,9 für die Extrakttage kommen; kein nennenswerter Unterschied, wenn man die starke Abweichung des 1. Extrakttages betrachtet. Auch der erste Hungertag fällt, wie die Kraftwechselzahlen zeigen, aufser die Reihe. Die Zahlen können also nur in dem Sinne verwertet werden, dafs durch den Extrakt auch hier unter den für den Nachweis einer Stoffwechselsteigerung günstigen Verhältnissen keine Steigerung erkennbar ist.

Ein gleiches Ergebnis erhält man, wenn man den Sauerstoffkonsum in Gramm berechnet.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | (248?) | Quotient | (?) | und | pro | Kilo | (31,2) |
| 2. | 193 | » | 0,72 | » | » | » | 25,8 |
| 3. | 206 | » | 0,74 | » | » | » | 28,0 |
| 4. | 161 | » | 0,75 | » | » | » | 22,4 |
| 5. | 150 | » | 0,82 | » | » | » | 20,8 |
| 6. | 150 | » | 0,72 | » | » | » | 20,9 |

Und ebenso bot der kalorimetrische Versuch an den drei letzten Tagen kaum Unterschiede.

Nach dieser Richtung kann also das Ergebnis als abschliefsend angesehen werden. Daraus folgt aber auch, dafs ein nennenswerter Anteil von Fleischextraktkohlenstoff nicht in die Zersetzung getreten sein kann, wie ich das eben schon früher nachgewiesen habe.

Die Kotausscheidung des Hundes liefs erkennen, dafs unter dem Einflufs des Extraktes in diesem Falle offenbar mehr abgegeben worden war. Der Beweis liefs sich nicht anders ausführen als durch gemeinsame Abgrenzung des Hunger- und Extraktkotes und Wiederholung einer 6 tägigen Hungerreihe ohne Extrakt.

Es fand sich:

im ersten Falle 11,8 g trock. Kot mit 4,777 Kal. pro 1 g
im letzten Falle 6,73 g » » » 5,372 » pro 1 g.

Somit pro 6 Tage 56,28 Kalorien für den Extraktversuch, davon ab 36,15 Kalorien für einfachen Hunger, bleiben sonach als Wirkung der Extraktzugabe in diesem Falle + 20,13 Kalorien für 2 Tage.

Um diesen Anteil wird mehr an Verbrennlichem ausgeschieden. Es wäre aber möglich, dafs wir es hierbei nicht mit einfacher Ausscheidung eines nicht resorbierten Anteils, sondern mit einer Reizung des Darms und vermehrter Bildung von Verdauungssäften zu tun haben — eine Frage, die man wohl offen lassen mufs.

Gehen wir nun zur Betrachtung der Experimente Spitta's über, so mag auf die früheren Tabellen S. 46 verwiesen sein und sollen nur noch die speziellen Angaben über Harn und Kot zugefügt werden.

Tabelle IV.

**Kalorimetrische Verhältnisse der Ausscheidungen.**

| Tag | Kalorien im Harn | Kalorien im Kot | Summe | Zufuhr |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 27,6 | 6,0 | 33,6 | 0 |
| 2 | 21,7 | 6,0 | 27,7 | 0 |
| 3 | 63,8 | 16,0 | 79,8 | 112,36 |
| 4 | 56,5 | 16,0 | 72,5 | 112,36 |
| 5 | 22,4 [1]) | 6,0 | 28,4 | 0 |
| 6 | 16,7 | 6,0 | 22,7 | 0 |

Auf Grund der Tabellen läfst sich, wenn man keine weiteren kritischen Bedenken hat, folgender Erfolg der Fleischextraktfütterung berechnen.

Tabelle V.

| | | N | C | $PO_4H_3$ | Kal. |
|---|---|---|---|---|---|
| Ausgaben Harn und Kot | Extraktperiode . . . . . . | 10,60 | 12,90 | 3,87 | 152,3 |
| | Mittel beider Hungerperioden | 6,4 | 5,95 | 0,742 | 56,2 |
| | Mehr in der Extraktperiode . | 4,20 | 6,95 | 3,13 | 96,1 |
| | Einnahme in d. Extraktperiode | 7,61 | 21,60 | 4,20 | 224,7 |
| | Es fehlt . . . . . . . . . | 3,4 | 14,7 | 1,07 | 128,6 |

1) Für den 5. Tag läfst sich als Quotient $\frac{\text{Kal.}}{\text{N}}$ 9,20 berechnen.

Daraus würde folgern, es fehlt in Prozenten:

44,7 % N
68,0 » C
57,6 » Kalorien
25,5 » Phosphorsäure[1]).

Mag man die Berechnung auch in anderer Weise anstellen, — ich will dieselbe hier nicht weiter erörtern — in keiner Art ist es möglich, das grofse Defizit zu beseitigen.

Dafs hier der N etwa deshalb nicht auffindbar war, weil er Eiweifs eingespart hat, ist ganz undenkbar. (100 N in Extrakt müfste dabei 38 Körper-N sparen!) Läfst man übrigens das Eiweifs des Extraktes bei der Berechnung zur Seite, so wird das Ergebnis der Ausscheidung etwas günstiger.

Die Einfuhr an den 2 Extrakttagen betrug:

| | N | C | Kal. |
|---|---|---|---|
| | 7,61 | 21,6 | 224,7 |
| wenn 0,84 (= 11%) des N Eiweifs sind | — 0,84 | 2,8 | 28,8 |
| bleibt eiweifsfreie Zufuhr | 6,77 | 18,8 | 195,9. |

Vom Harn und Kot sind abzuziehen die auf die Zerlegung von 0,84 g N als Eiweifs treffenden N, C und Kalorien im Harn.

Als Mittel sei genommen 2 + 6 Tage,

| | N | C | Kal. |
|---|---|---|---|
| dann hat man im Harn | 5,89 | 4,02 | 38,4 |
| für 0,84 zerlegtes Eiweifs ab | 0,84 | 0,50 | 5,7 |
| Rest | 5,05 | 3,52 | 32,7 |
| dazu im Kot pro 2 Tage | 0,16 | 1,00 | 12,0 |
| Summe | 5,21 | 4,52 | 44,7. |

Dies ist der wahre Wert des Vergleichstages; diese Gröfsen abgezogen von dem Umsatz für 2 Extrakttage

| | N | C | Kal. |
|---|---|---|---|
| | 10,6 | 12,9 | 152,3 |
| | 5,2 | 4,5 | 44,7 |
| | 5,4 | 8,4 | 107,6 |
| dazu der Überschufs des 5. Tages (Hunger) | 0 | 0,4 | 5,7 |
| also gefunden | 5,4 | 8,8 | 113,3. |

Das macht in runder Summe 79,0 % N es fehlen 21 % N
als wiedergefunden 46,8 » C 53,2 » C
und 57,8 » Kal. 42,2 » Kal.

Man sieht, wie dadurch das Ergebnis beeinflufst wird, aber eine volle Klärung ergibt sich nicht.

1) und 15,6 % des in der Extraktperiode genossenen Wassers.

Wir haben aber nachgewiesen, dafs von der Phosphorsäure, von dem Wasser, vom N, C, den Kalorien ein Teil, und zwar ein erheblicher, fehlt, es bleibt also die Zurückhaltung als der einzige und wahrscheinlichste Schlufs.

Die Zurückhaltung N-haltiger Bestandteile aus dem Gemische der Fleischextraktstoffe kommt unzweifelhaft vor. Ob eine solche aber nur dann eintritt, wenn aus irgendwelchen Gründen eine Zurückhaltung von Wasser im Körper sich gegeben findet, wie in den beiden von mir näher beobachteten Fällen oder auch unter anderen Bedingungen, möchte ich nicht ganz sicher entscheiden.

Es kann als sicherstehend gelten, dafs durch eine Mehrzufuhr von Wasser Ausspülungen von N-haltigen Harnbestandteilen nur in beschränktem Mafse und späterhin eine Zurückhaltung und Wiederablagerung solcher Produkte gleichfalls innerhalb enger Grenzen eintritt.

Wie aber durch die Untersuchungen meines Laboratoriums zuerst für Dursttiere erwiesen ist, kommen doch bei stärkerer Wasserentziehung solche Retentionen in gröfserem Umfange vor. Man kann also für solche Fälle, in denen fühlbar Wassermangel im Körper herrscht, eine solche Retentionsmöglichkeit als sicher annehmen.

Es war aber sehr wohl möglich, dafs es sich bei der Retention von Extrakt auch um ganz andere Vorgänge handelt als um einfache Anlagerungen bei Wassermangel. Es könnte doch auch ein zufälliges Zusammentreffen von Retention und Wassermenge im Körper vorgekommen und eine Zurückhaltung solcher Stoffe eingetreten sein, an denen der Körper Mangel hatte. Wenn der Körper auch den wahren Harnbestandteilen gegenüber schnell für deren vollkommene Ausscheidung besorgt ist und nur ausnahmsweise eine Zurückhaltung kleinster Anteile solcher erträgt, so braucht das doch für solche extraktive Materien, die tatsächlich im Muskel vorkommen und wahrscheinlich eine bestimmte und noch unbekannte Funktion erfüllen, nicht das Gleiche zu sein, und es dürften vielleicht zufällige Verarmungen an einzelnen dieser Körper den Anstofs zur Retention geben,

wenn dem Organismus wieder solche Stoffe geboten werden. Auf die Zurückhaltung bestimmter Körper weisen auch die weiteren Erfahrungen hin, welche wir hinsichtlich der Ausscheidung der Extraktivstoffe gemacht haben. Eine Verarmung an Extraktbestandteilen in der Vorperiode kann in zweien der von mir angeführten Versuchsreihen vorhanden gewesen sein, einmal ging Fütterung mit Fleischeiweifs (ohne Extraktstoff) voraus, ein andermal vegetabilische Kost. Damit würde auch der Versuch von Fr. und T. verständlich werden.

## V.

Welche Zusammensetzung zeigt der an Extrakttagen auftretende Harn und welche Schlüsse kann man hieraus ziehen?

Über die Art der Veränderung, welche mit den Extraktbestandteilen vor sich geht, kann man sich auch unterrichten, wenn man untersucht, welche Beschaffenheit denjenigen Harnbestandteilen zukommt, die über die Hungerumsetzungen hinaus an den Extrakttagen geliefert werden. Es ist anzunehmen, dafs der in 24 Stunden entleerte Harn ein zutreffendes Bild von den eingeleiteten Veränderungen gibt und dafs eben von den jeweilig im Blute Kreisenden ein Teil nach aufsenhin durch die Nieren abgegeben wird.

Es wird m. E. sogar der Gedanke nicht von der Hand zu weisen sein, dafs, wenn irgendwie bedeutende Abbauumsetzungen der Extraktteile auftreten, zweifellos die am meisten umgewandelten Stoffe zu allererst auch wieder den Körper verlassen.

Sonach gäbe das Bild, welches wir von dem Extraktharn machen können, gerade in den Fällen der Zurückhaltung von Extraktstoffen, eher eine viel zu weitgehende Verminderung des Energieinhaltes, wenn man die geringen Mengen N-freier Körper der Extrakte, die wohl verbrennen, aufser Betracht lassen darf.

Ich bespreche zunächst meinen älteren Versuch, in dem ich, wie gesagt, einfach von den Ausscheidungen der Extrakttage diejenigen der Hungertage abziehe; den früher schon mitgeteilten

Werten füge ich noch den Wert für die durch Bromlauge zu erhaltende Wärmeentwicklung des Harns (= wesentlich Harnstoff und Ammoniak) hinzu.

Der Überschufs war:

| an N | an $P_2O_5$ | an S | an Kal. durch Brom |
|---|---|---|---|
| 2,41 | 4,55 | 0,06 | 6,0. |

Zur Berechnung der Kalorien durch Bromlauge sei bemerkt, dafs es sich dabei (s. oben S. 27) um die durch Bromlauge entwickelte Wärme handelt (Extrakttage [6,81 × 4,42 =] 30,04 — [4,41 × 5,47 =] 24,1 = 6,0), welche einen Ausdruck für leicht spaltbare N-Verbindungen ($NH_3$, Harnstoff) gibt. Vergleicht man jetzt, auf 1 N berechnet[1]), die Zufuhr (Extrakt) und die Mehrausfuhr, so hat man:

Auf 1 N

| | $P_2O_5$ | S | Brom-Kal. |
|---|---|---|---|
| Zufuhr | 0,95 | 3,74 | 1,87 |
| Ausfuhr | 1,89 | 2,48 | 2,53. |

Daraus folgt, dafs die Phosphorsäure sich anders ausscheidet als die übrigen Bestandteile. Aber die Schwefelausscheidung verhielt sich ganz ähnlich wie dieses Element in dem von mir gefütterten Extrakt vertreten war. Die durch Bromlauge verbrennlichen Anteile waren etwas reichlicher vorhanden als im Fleischextrakt selbst, aber der Unterschied ist nicht sehr bedeutend.

Im Hinweis auf meine frühere Publikation (S. 275) bemerke ich, dafs sich auch bei Spaltung des Harns mit kalischer Barytlauge Resultate ergeben haben, welche eine Umwandlung von Extraktbestandteilen in andere Stoffe in gröfserem Umfang nicht das Wort reden.

Die Spaltung des Harns mit Bromlauge verdient noch eine weitere Erwähnung und Besprechung.

Die Differenzen im Verhalten zwischen Extraktivstoffen und Harnstoff sind enorm. Auf 1 Teil Extraktstickstoff werden nur 1,87 Kal. durch Brom entwickelt, bei Harnstoff 7,05. Ich will

1) Also Ausschaltung des Fehlers durch Retention.

nun für die 2,41 g N, welche im Versuch mehr kamen als die Hungerzersetzung betrug, die verschiedenen »Bromkalorien« berechnen:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | für unveränderten Extrakt | 4,51 | Kal. | pro | 2,41 | N |
| gefunden | für Extraktharnüberschufs | 6,00 | » | » | » | » |
| gefordert | » Hungerharn . . . . | 13,20 | » | » | » | » |
| » | » Fleischharn . . . . | 13,80 | » | » | » | » |
| » | » Harnstoff . . . . . | 17,00 | » | » | » | » |

Es gibt kaum eine Messung, welche deutlicher vor Augen führen könnte, wie gering die Umänderung der Extraktteile beim Durchgang durch den Körper ist, und dafs von einem fast völligen Abbau auf die Harnstoffstufe nicht gesprochen werden kann.

Kaum $^1/_3$ aller Bestandteile könnte eine Stufe der Umlegung erreichen, welche sich gegenüber Bromlauge ähnlich wie Harnstoff verhält. Von der im Extraktharn gefundenen Zerleglichkeit durch Brom sind über 70 % schon im Extrakt selbst nachzuweisen.[1])

Man kennt die Beschaffenheit der im Körper zurückgehaltenen Teile nicht, diese könnten anders zusammengesetzt sein wie dieser ausgeschiedene Anteil, jedenfalls aber kann man annehmen, dafs gerade mit einer Umwandlung eines komplizierter gebauten Körpers in Harnstoff oder dergl. das Bestreben des Organismus, diese Gruppe durch die Nieren zu entfernen, viel wahrscheinlicher sein wird als die Zurückhaltung solcher Bestandteile. Wenn etwas zurückgehalten wird, so würden es die intakteren Bestandteile des Extraktes sein.

Weiter können zur Demonstration der Natur des Extraktharns noch folgende, auf andere Elemente der Untersuchung gestützte Erwägungen von Interesse sein.

---

1) Von 6,00 Kalorien, gefunden, sind gedeckt durch den Extrakt der Zufuhr 4,51 = 74 %. Diese Werte lassen auch eine ähnliche Spaltung annehmen, wie sie der S. 30 gegebenen kalorimetrischen Rechnung entspricht.

In Serie II der Experimente kam im gefütterten

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Fleischextrakt auf | 1 N, | 2,94 C | und | 29,71 Kalorien |
| bei dem Überschufs im Harn des Extrakttages | 1 » | 2,77 » | | 31,79 » |

also eine aufserordentlich weitgehende Übereinstimmung zwischen Zufuhr und Ausfuhr. Von dem Eingeführten wurde der gröfste Teil wieder im Harn ausgeschieden.

Die Serie III von Bürgi erlaubt folgenden Vergleich:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Extraktharn | 4,62 N | 6,60 C | 76,25 Kalorien |
| Hungerharn | 2,37 » | 1,61 » | 16,62 » |
| Mehr am Extrakttag | 2,25 N | 4,99 C | 59,62 Kalorien. |

Aus diesen Zahlen ergibt sich für den Zuwachs ein Verhältnis zwischen N : Kalorien von 26,4 während im Extrakt selbst dasselbe 1 : 29,4 ausmacht.

Für den Kohlenstoff ist das Verhältnis 1 : 2,22 statt 1 : 2,8.

Der nächstfolgende Hungertag gibt noch einen Überschufs, in diesem zeigt sich gleichfalls, soweit er bei der Kleinheit der Zahlen zu berücksichtigen ist, ein ähnliches Verhältnis:

| | | | |
|---|---|---|---|
| nachfolgender Hungertag | 2,60 N | 25,07 Kalorien | 2,98 C |
| vorausgehender » | 2,37 » | 16,63 » | 1,61 » |
| | 0,23 N | 8,44 Kalorien | 1,37 » |

woraus 1 : 36 folgert, natürlich ist diese Zahl unsicher, weil ja die Annahme für den zum Abzug gebrachten Wert des vorausgehenden Hungertages vielleicht etwas anders zu bemessen wäre.

An diesem Tage kam ausnehmend viel Kohlenstoff, so dafs die Relation N : O = 1 : 5,19 wird. Es kam also zweifellos an diesem Tage noch eine Substanz, welche die Werte des vorhergehenden Tages zu steigern in der Lage war, und eine andere Zusammensetzung hatte.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Beide Überschüsse zusammen | = 2,46 N, | 6,36 C, | 68,1 Kal. |
| geben | 1 » | 2,6 » | 27,7 » |
| während der Extrakt fordert | 1 » | 2,8 » | 29,4 » |

Das ist eine sehr weitgehende Übereinstimmung. In diesem Falle sind über 70% der Zufuhr im Harn wieder erschienen und

von dieser mit dem Extrakt so ähnlicher Zusammensetzung gewesen.

Nehmen wir weiter den Versuch von Dr. Spitta (siehe S. 50). Es erschien mehr an den Extrakttagen im Harn:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Extrakttage | 5,10 N | 4,88 C | 60,2 Kalorien |
| Hungertage | 2,91 » | 2,01 » | 19,2 » |
| Differenz | 2,19 N | 2,87 C | 41,0 Kalorien |
| demnach | 1 » | 1,32 » | 18,7 » |

Hierbei wurde der 2. und 6. Tag der Periode zum Vergleich mit den Extrakttagen gewählt; der 6. Tag statt des 5., weil dieser offenbar noch unter dem Einflufs der Extraktausscheidung stand. Also auch hier, wo wir ein so grofses Defizit fanden und offenbar die Ausscheidung mit dem Kote mit hereinspielt, haben wir Werte, die unzweifelhaft den Einflufs des Extraktes sehen lassen. Die Abweichung gegenüber den anderen Versuchen liegt aber darin, dafs bei diesem Experiment offenbar komplizierter zusammengesetzte kohlenstoff- und energiereiche Verbindungen in den Ausscheidungen fehlen.

Vergleicht man mit diesen Ergebnissen die Zahlen von F. und T., so sind diese völlig unerklärlich.

Bei ihnen finden sich zwischen Hunger- und Extrakttagen, an letzteren mehr um + 2,96 N und 34,36 Kalorien, also nur ein Verhältnis von 1 : 11,6[1]), während nach Bürgis Versuchen diese Werte auf 1 : 29,4 steigen können!

Wie dieses völlig abweichende Resultat entstanden ist, läfst sich schwer sagen. Ob die Bestimmungen der Verbrennungswärme des Harns oder andere Umstände, auf die schon Bürgi hingewiesen hat, mitspielen, ist nicht zu entscheiden. Man vermifst sehr die Feststellung des C-Gehalts des Harns, welche doch noch einigermafsen als Kontrolle hätte dienen können.

Die angeführten Beispiele zeigen, dafs dort, wo die vollkommene Ausscheidung der Extraktanteile

1) Diese Zahl ist sogar noch zu hoch! Siehe bei Burgi die Berechnung der Verbrennungswärme von Fr. und T.

eintritt, auch die Zusammensetzung des Harns aufserordentlich nahe mit der Zufuhr zusammen geht. Es kommen gewifs Umwandlungen der Extraktbestandteile vor, aber sie sind besonders dort, wo eine glatte Ausscheidung der Produkte sich findet, im Durchschnitt nicht sehr weitgehende. Hieraus folgt, dafs die Natur der im Harn nach Extraktfütterung ausgeschiedenen Flüssigkeit in ihrer elementaren Zusammensetzung wie in energetischer Hinsicht dem zugeführten Extrakt sehr nahe kommen kann. Es ergeben sich aber anderseits auch wieder Anhaltspunkte dafür, dafs Zurückhaltungen kohlenstoff- und energiereicher Verbindungen vorkommen können.

## VI.

Im wesentlichen werden die Extraktivstoffe, wenn sie ihre Funktion bei dem Verdauungsprozefs geleistet haben und ein Mangel an solchen im Körper nicht besteht, alsbald aus dem Organismus ausgeschieden. Dieser Ausscheidungsgang der Extraktivstoffe mufs aber noch kurz besprochen werden, da derselbe auch für die Beurteilung ihres Wertes im Organismus von Bedeutung ist.

Die vorliegende Untersuchung von Bürgi hatte schon gezeigt, dafs manchmal der Extrakt im Körper in seinen Gruppen von Stoffen sich ungleich bei der Ausscheidung stellt, einzelne Komponenten früher, andere später ausgeschieden werden. Soweit man aus einer Reihe einen Schlufs ziehen kann, dürften zunächst C-reiche Verbindungen zurückgehalten und etwas C-ärmere (oder umgewandelte) vorerst austreten.

Es hat aber daher auch ein Interesse, Fleischeiweifs, Fleisch und Extrakt in ihrer Beziehung zur Ausscheidung im Harn zu vergleichen, da nur über die beiden ersten bis jetzt Angaben vorlagen.

Die Art der Ausscheidung des Extraktes läfst sich am besten durch relative Werte verständlich machen, wenn wir die auf einzelne Perioden fallende Ausscheidung berechnen, die Tages-

menge = 100 gesetzt. Hiermit vergleiche man die Ergebnisse, welche L. Feder für Fleisch und ich für Eiweißkörper erhalten haben.

Ich habe auf der linken Seite der Tabelle die Originalzahlen und rechts die auf gleiche Perioden zu beziehenden 6stündigen Werte gestellt.

Tabelle VI.

**Von 100 Teilen N (pro Tag berechnet) erscheinen in den einzelnen Perioden:**

| Periode | Extrakt | Fleisch | Eiweifs | Fleisch | Extrakt |
|---|---|---|---|---|---|
| 0—2 | 21,7 | 7,5 | | | |
| 2—4 | 24,4 | 11,5 | 24,8 | 31,5 | 79,8 |
| 4—6 | 13,7 | 12,5 | | | |
| 6—8 | 8,7 | 13,0 | | | |
| 8—10 | 5,6 | 12,4 | 39,8 | 35,6 | 17,8 |
| 10—12 | 3,5 | 10,2 | | | |
| 12—14 | | 9,8 | | | |
| 14—16 | | 7,6 | 23,7 | 22,6 | |
| 16—18 | | 5,2 | | | |
| 18—20 | 22,4 | 4,1 | | | 22,4 |
| 20—22 | | 3,2 | 11,7 | 10,3 | |
| 22—24 | | 3,0 | | | |

Tabelle VII.

**Die Tagesausscheidung = 100, somit in den einzelnen Perioden bei Fleischextraktfütterung.**

| | N | C | Kal. |
|---|---|---|---|
| 0—2 | 21,7 | 20,5 | 19,6 |
| 2—4 | 24,4 | 22,4 | 21,0 |
| 4—6 | 13,7 | 13,4 | 13,6 |
| 6—8 | 8,7 | 8,5 | 10,4 |
| 8—10 | 5,6 | 6,2 | 7,5 |
| 10—12 | 3,5 | 3,5 | 5,4 |
| 12—24 | 22,4 | 25,5 | 22,5 |

Man sieht, wie enorm rasch nach Extraktzufuhr der N wieder aus dem Körper entleert wird, wie es beim

Fleisch viel langsamer geht und namentlich die Umsetzung der Eiweifsstoffe viel längere Zeit in Anspruch nimmt. So sind vom Extrakt schon 80% beseitigt, wenn bei reinem Eiweifs kaum 1/4 seiner Zersetzungsprodukte geliefert ist.

Die fermentative Arbeit der Abspaltung des N-haltigen Teils beim Eiweifs braucht also eine bestimmte Zeit zu ihrer Vollendung und diese scheint gar nicht so kurz bemessen.

In den letzten 12 Stunden wurden bei Extraktfütterung kaum noch 22% entleert, wo vom Fleisch-N noch 33% und vom Eiweifs 35% geliefert werden.

Ja die schliefslich zurückbleibenden, dem Extrakt zuzurechnenden Mengen sind noch kleiner, weil ja nur ein Teil der in den letzten Stunden ausgeschiedenen Stoffe wirklich dem Extrakt zugehört.

Es hat auch nach diesen Tabellen den Anschein, als wenn eine Art Trennung des Stoffgemisches beim Durchgang durch den Körper eintreten könnte, weil trotz der leichten Ausscheidbarkeit für die Hauptmasse der Stoffe, ein kleiner Teil nur langsam erscheint und dessen Ausspülung aus dem Körper noch den auf die Extraktperiode folgenden Hungertag und vielleicht noch mehr Zeit in Anspruch nimmt.

Die Rolle der Verwertung der Extraktivstoffe kann also sich etwas wechselnd gestalten. Ich habe bewiesen, dafs die Extraktivstoffe in geeigneten Fällen des Experiments wieder im Harn und Kot erscheinen, allerdings mufs dabei auf eine geeignete Betrachtung der Versuchsergebnisse Bedacht genommen werden. Die verbrennlichen Anteile des Extraktes sind sehr mäfsige Gröfsen und bewegen sich innerhalb der Grenzen, die sich durch eine Berechnung aus der Verbrennungswärme des Fleisches, des Extraktes und der Abfallstoffe hatten ableiten lassen.

Nach den Arbeiten von Bürgi und meinen weiteren Darlegungen steht fest, dafs die Extraktbestandteile beim Durchgang durch den Körper eine qualitativ nicht sehr erhebliche Veränderung erleiden, die in einem gewissen Verlust an Kohlenstoff und Energieinhalt sich ausdrückt.

Die Ausscheidung der Extraktbestandteile vollzieht sich aber nicht für alle Stoffe gleichmäfsig, einige treten rascher als die andern aus dem Körper aus. Diese langsame Ausscheidung kann, wie schon oben gesagt, bedingt sein durch die gleichzeitige Zurückhaltung an Wasser, aber wohl auch unabhängig davon verlaufen, so dafs es, wie schon erwähnt, den Anschein hat, als könne der Organismus verarmt sein an bestimmten, im Extrakt vorkommenden Substanzen, die dann bei geeigneter Zufuhr vorübergehend abgelagert werden, eine Frage, die ich weiterer Untersuchung zu unterziehen mir vorbehalte.

---

# Die chemische Zusammensetzung des Kotes bei verschiedener Nahrung.

Von

Dr. med. **N. P. Schierbeck.**

(Aus dem Hygienischen Laboratorium der Universität zu Kopenhagen.)

Rubner und mit ihm mehrere andere Forscher haben darauf aufmerksam gemacht, daſs die den Darm verlassende Kotmasse nicht allein aus Resten der unverdauten Nahrung bestehend aufzufassen ist, was man ursprünglich anzunehmen geneigt war, daſs dieselbe dagegen zugleich von den während der Verdauung ausgeschiedenen Darmflüssigkeiten herrühren muſs. Je mehr von der genossenen Nahrung aufgenommen wird, oder je mehr Darmsekret diese zur Verdauung bedarf, um so geringer wird derjenige Teil des Kots, der von den eigentlichen Nahrungsresten herrührt, und um so gröſser wird der den Verdauungssäften zukommende Teil, und umgekehrt.

Wie viel im einzelnen Falle der einen oder der anderen dieser beiden Komponenten zuzuschreiben ist, läſst sich mittels unserer jetzigen Untersuchungsmethoden indes nicht entscheiden.

In einer Arbeit über die Ausnutzung gemischter Kost[1]) hat Prausnitz die Aufmerksamkeit darauf hingelenkt, daſs der Stickstoffgehalt des Kotes — in Prozenten der Trockensubstanz des Kotes ausgedrückt — bis auf wenige Ausnahmen bei demselben Individuum fast von gleicher Gröſse befunden wird, selbst wenn der Stickstoffgehalt der aufgenommenen Nahrung und deren Ausnutzung innerhalb sehr weiter Grenzen schwanken, ja daſs

1) Archiv f. Hygiene, Bd. 17.

selbst bei verschiedenen Personen das Stickstoffprozent trotz der verschiedenartigsten Ernährungsverhältnisse eine sehr wenig variierende Gröfse ist.

Dies geht nach Prausnitz hervor sowohl aus einer näheren Betrachtung der zahlreichen in der Literatur vorliegenden Ausnutzungsversuche von ihm selbst und anderen als auch aus den von ihm in der genannten Arbeit ausgeführten Versuchen über die Ausnutzung gemischter Kost. Die Resultate der letzteren Versuche sind in folgender Tabelle I zusammengestellt.

Tabelle I.

| Art der Nahrung | Versuchsperson | Prozent N in | | Prozent Verlust an | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | der Nahrung | dem Kot | N | organ. Stoff |
| Gemischte Kost mit Weizenbrot . . . | P. | 2,9 | 8,1 | 15,1 | 4,6 |
| » » » Roggenbrot . . . | » | 3,0 | 7,5 | 23,5 | 8,6 |
| » » » Weizen-Roggenbrot | » | 3,0 | 7,8 | 20,1 | 6,9 |
| » » » Kommifsbrot . . | » | 2,6 | 7,9 | 31,9 | 8,8 |
| » » » Weizenbrot . . . | R. | 2,8 | 6,2 | 9,1 | 3,5 |
| » » » Roggenbrot . . . | » | 3,0 | 6,0 | 15,9 | 6,9 |

Diese Tabelle wurde in einer späteren Arbeit[1]) von Prausnitz und Menicanti durch folgende Untersuchungen ergänzt.

Tabelle II.

| Ausnutzungsversuche mit Brot | Versuchsperson | Prozent N in | | Verlust an Prozent | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | der Nahrung | dem Kot | N | organ. Stoff |
| Roggen-Weizenbrot mit Hefe . . . | R. | 2,3 | 5,7 | 17,8 | 6,3 |
| » » » Sauerteig . . | » | 2,4 | 6,0 | 19,6 | 6,9 |
| Brot aus dekortiziertem Roggen . . | » | 2,1 | 5,4 | 30,3 | 9,7 |
| » » » Weizen . . | .» | 2,4 | 6,0 | 13,4 | 4,3 |
| » » nicht dekortiziertem Roggen | » | 2,2 | 6,9 | 30,2 | 8,6 |
| « » » » Weizen | » | 2,4 | 5,7 | 17,4 | 6,5 |
| Roggen-Weizenbrot mit Hefe . . . | N. | 2,3 | 6,3 | 15,8 | 5,0 |
| » » » Sauerteig . . | » | 2,4 | 6,6 | 17,0 | 5,6 |
| Brot aus dekortiziertem Roggen . . | » | 2,1 | 6,0 | 28,1 | 8,8 |
| » » nicht dekortiziertem Roggen | » | 2,0 | 5,9 | 31,1 | 8,9 |
| » » » » Weizen | » | 2,4 | 6,3 | 16,5 | 5,8 |

1) Zeitschr. f. Biologie, 1894.

Aus diesen beiden Tabellen geht hervor, dafs das Stickstoffprozent des Kotes in den gegebenen Ausnutzungsversuchen beim Versuchsindividuum P. nur zwischen 7,5 und 8,1 %, bei R. zwischen 5,4 und 6,9 % und bei N. zwischen 5,9 und 6,6 % schwankte, trotz sehr verschiedener Ausnutzung des in der genossenen Nahrung enthaltenen Stickstoffs.

Das Stickstoffprozent ist ferner im Kote viel höher als in der entsprechenden Nahrung.

Prausnitz schliefst nun aus dem Obenstehenden, dafs der Kot unter gewöhnlichen Verhältnissen beim Genusse der üblichen gemischten Kost — ja selbst beim Genusse eines einzelnen, jedoch einigermafsen leichtverdaulichen Nahrungsmittels — gröfstenteils aus Darmsekreten und nicht aus eigentlichen Nahrungsresten bestehe.

»Man kann die Verhältnisse am einfachsten erklären, wenn man annimmt, dafs, wie schon gesagt, der Kot auch bei Aufnahme gemischter Kost grofsenteils von den Darmsäften herrührt; wäre es der nicht resorbierte Teil der Nahrung, so müfste er auch annähernd denselben Stickstoffgehalt haben wie diese. Man könnte nur noch glauben, dafs der gleiche prozentige Stickstoffgehalt des Kotes dadurch entsteht, dafs die nicht stickstoffhaltigen Bestandteile der aufgenommenen Nahrung in allen Fällen soweit resorbiert werden, bis schliefslich der nicht resorbierte Teil denselben Stickstoffgehalt hat. Eine solche Hypothese wäre schwer zu stützen und mit den übrigen Verhältnissen nicht vereinbar. Der annähernd gleiche Stickstoffgehalt des Kotes ist mit der Abstammung desselben von Darmsäften wohl am besten, jedenfalls am einfachsten zu erklären.«

In einer späteren Abhandlung[1]) suchte Prausnitz diese Anschauung nun ferner zu stützen, teils durch Zusammenstellung einiger der in der Literatur vorliegenden Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Kotes bei Ausnutzungsversuchen, teils durch neue Versuche, die speziell die Aufklärung dieser Verhältnisse bezweckten.

1) Zeitschr. f. Biologie, Bd. 35.

Zu diesem Zwecke untersucht er die chemische Zusammensetzung des Kotes bei sechs verschiedenen Versuchsindividuen, nachdem diese 3 Tage lang eine Nahrung genossen haben, die ausschliefslich aus Nahrungsmitteln besteht, welche der Erfahrung gemäfs besonders gut ausgenutzt werden. So setzte er die Nahrung teils aus Reis und feinem Weizenbrot nebst Kaffee, Tee und Bier zusammen, teils ersetzte er einen Teil des Reises durch Fleisch. Hierdurch erzielte er eine Nahrung von sehr verschiedenem Stickstoffgehalt, die aber in beiden Fällen gut ausgenutzt wird, indem er selbst und seine Schüler in früheren Arbeiten nachgewiesen hatten, dafs sich bei dieser Nahrung auf mikroskopischem Wege keine Stärkekörnchen im Kote auffinden lassen, und dafs die vorgefundenen Fleischreste durchaus verschwindend sind. Prausnitz meint deshalb, es könne wohl nichts, jedenfalls nichts Wesentliches des unter diesen Verhältnissen ausgeschiedenen Kotes von Nahrungsresten herrühren, und diesen Kot bezeichnet er darum als »Normalkot«.

In untenstehender Tabelle III geben wir die Zusammensetzung dieses sogenannten Normalkots bei den sechs verschiedenen, von ihm untersuchten Individuen.

Tabelle III.

**Normalkot, d. i. ein Kot, welcher bei einer Nahrung gebildet wird, welche fast vollständig resorbiert wird.**

| Versuchsperson | Nahrung | Prozent des Kotes an | | |
|---|---|---|---|---|
| | | N | Äther-extrakt | Asche |
| H. | Reis | 8,8 | 12,4 | 15,4 |
| » | Fleisch | 8,8 | 16,0 | 14,7 |
| M. | Reis | 8,4 | 18,2 | 11,1 |
| » | Fleisch | 9,2 | 16,0 | 12,2 |
| W. R. | Reis | 8,6 | 15,9 | 12,6 |
| » | Fleisch | 8,5 | 17,5 | 13,1 |
| J. Pa. | Reis | 8,3 | — | 14,5 |
| » | Fleisch | 8,2 | — | 15,2 |
| F. Pi. | Reis | 8,7 | — | 16,1 |
| » | Fleisch | 9,1 | — | 15,1 |
| d. Cl. (Veget.) | Reis | 8,8 | 18,6 | 12,0 |
| | Mittel | 8,7 | 16,4 | 13,8 |

Die Tabelle zeigt uns eine ganz auffallende Übereinstimmung sowohl des Gehalts an Stickstoff als der Asche und des Ätherextrakts.

Ist nun die Ansicht richtig, dafs unter den obengenannten Bedingungen eine ausschliefslich oder wesentlich aus Darmsekreten bestehende Kotmasse — Normalkot — ausgeschieden wird, so mufs es sich auch zeigen, sagt Prausnitz später in derselben Arbeit, dafs gewisse Änderungen der Nahrung die Zusammensetzung des Kotes ändern, so zwar, dafs der Stickstoffgehalt des Kotes durch eine Nahrung vermindert wird, welche die Ausscheidung einiger unverdauter Zellulose oder Stärke hervorruft, und dafs umgekehrt der Stickstoffgehalt durch eine Nahrung, die viel Stickstoff enthält, jedoch nur unvollständig resorbiert wird, an Gröfse zunimmt. Dies wird nun auch durch die in den beiden untenstehenden Tabellen angeführten Untersuchungen bestätigt.

Tabelle IV.

| Versuchsperson | Nahrung | Prozent des Kotes an | | |
|---|---|---|---|---|
| | | N | Ätherextrakt | Asche |
| M. | Gemischte Kost mit Gemüse und Salat | 6,8 | 25,4 | 12,0 |
| H. | Gemischte Kost mit Gemüse und Salat | 6,6 | 25,8 | 14,9 |
| H. | Gemischte Kost mit Gemüse und Salat | 6,1 | 30,1 | 15,0 |
| d. Cl. | Reis und Semmel . . . . . . . . . | 8,8 | 18,6 | 12,0 |
| » | Gemischte Kost . . . . . . . . . . | 5,6 | 11,9 | 15,4 |
| » | Brot aus grob gemahlenem Mehl . . . | 4,5 | 15,1 | 20,6 |
| » | » » weniger grob gemahlenem Mehl | 4,4 | 17,5 | 19,2 |
| » | » » grobem Mehl . . . . . . . | 3,8 | 22,6 | 22,7 |

(Siehe Tabelle V auf S. 67.)

Es geht somit aus Tabelle IV hervor, dafs das Stickstoffprozent des Kotes bei den beiden Versuchspersonen H. und M. nach Genufs gemischter Kost mit Gemüse und Salat nur 6—7 % betrug, während dasselbe nach Tabelle III bei Reis-Fleischnahrung 8,8 % war, und rücksichtlich des Vegetarianers d. Cl., wo das Stickstoffprozent bei Reisnahrung ebenfalls 8,8 % war, sank dasselbe nach gemischter vegetabilischer Kost auf 5,6 % und bei grobem Roggenbrot sogar auf nur ca. 4 %.

Tabelle V.

Zusammensetzung des Kotes dreier Personen, welche in Parallelversuchen bei einer einfachen gemischten Kost das eine Mal (a) Fleisch, das andere Mal (b) die der Eiweifsmenge entsprechende Menge eines aus pflanzlichen Nahrungsmitteln hergestellten Eiweifspräparates erhielten.

| Versuchsperson | Nahrung | In der Trockensubstanz des Kotes fanden sich | |
|---|---|---|---|
| | | N | Asche |
| 1. H. | a | 7,4 | 11,6 |
| | b | 9,4 | 16,7 |
| 2. M. | a | 6,9 | 15,6 |
| | b | 8,1 | 17,0 |
| 3. P. | a | 7,2 | 13,9 |
| | b | 8,7 | 19,0 |

Umgekehrt zeigen die Versuche in Tabelle V eine Zunahme des Stickstoffprozentes des Kotes nach dem Genusse des verhältnismäfsig stickstoffreichen Pflanzeneiweifspräparats.

Zur weiteren Aufklärung der obengenannten Verhältnisse führt Prausnitz schliefslich noch teils eine Tabelle über G. Meyers Versuche mit Ausnutzung des Brotes an, teils eine Tabelle über alle diejenigen Ausnutzungsversuche (25 im ganzen), die im Laufe der Jahre an einer und derselben Versuchsperson, nämlich dem Laboratoriendiener des physiologischen Instituts zu München, angestellt worden sind. Diese beide Tabellen zeigen den oben angeführten Stickstoffgehalt des Kotes bei ganz ähnlichen Verhältnissen. Besonders hervorzuheben ist der niedrige Stickstoffgehalt, 3,7 und 4,9 % bei grobem Roggenbrot und der hohe Stickstoffgehalt, 8,5 und 7,1 % bei feinem Weizenbrot. In allen Versuchen mit gemischter oder vorwiegend vegetabilischer Kost schwankt das Stickstoffprozent beim Laboratoriendiener nur zwischen ca. 5,5 und 7 %.

Bei den Versuchen mit Milch und mit Milch und Käse findet man jedoch ebenso wie bei den Versuchen mit grobem Roggenbrot niedrige Stickstoffzahlen, diese sind hier aber eine Folge des gleichzeitig im Kote auftretenden auffällig hohen Aschen- und Fettgehalts.

Im Zusammenhang mit Prausnitz' hier besprochenen Untersuchungen sind eine Reihe Untersuchungen von Rubner[1]) über den Wärmewert des Kotes unter verschiedenen Ernährungsverhältnissen zu nennen. Rubner findet durch diese, dafs die Verbrennungswärme des organischen Trockenstoffes des Kotes selbst bei sehr verschiedenartiger Kost auffallend wenig variiert. Von denjenigen Fällen abgesehen, wo, wie bei grobem Roggenbrote, die Ausnutzung eine besonders ungünstige ist, bildet sich eine in kalorimetrischer Beziehung ganz gleichartige Masse von Rückständen. Die Kotsubstanz mufs deshalb von relativ gleichmäfsiger Zusammensetzung sein, und das ist nach Rubner eine Stütze für die Ansicht, dafs der Kot unter gewöhnlichen Verhältnissen zum gröfsten Teil aus den Resten der Verdauungsflüssigkeiten besteht.

Die Resultate, zu denen die obengenannten Untersuchungen uns geführt zu haben scheinen, können wir in folgende Punkte zusammenfassen:

1. Bei demselben Individuum ist das Stickstoffprozent der Trockensubstanz des Kotes eine ziemlich konstante Gröfse unter allen gewöhnlichen Ernährungsverhältnissen, d. i. beim Genusse einer gewöhnlichen gemischten Kost, und ebenfalls beim Genusse einer einseitigen, jedoch einigermafsen gut verdaulichen Nahrung.
2. Bei den verschiedenen Individuen, die bisher Gegenstand einer Untersuchung in der betreffenden Richtung waren, zeigte das Stickstoffprozent des Kotes bei den obengenannten Kostverhältnissen nur sehr geringe Verschiedenheit, indem dasselbe mit Schwankungen zwischen ca. 1 % mehr oder weniger um ca. 6 % herum lag.
3. Bei einer Nahrung, die aus Reis, Fleisch und Weifsbrot besteht, entweder aus jedem dieser Nahrungsmittel allein oder auch aus mehreren derselben im Verein, bei einer Nahrung also, die sehr gutverdaulich zu nennen ist,

1) Zeitschr. f. Biologie, Bd. 42.

findet man stets das Stickstoffprozent höher als bei gewöhnlicher gemischter Kost — nämlich ca. 8 %.

Bei den sechs in dieser Beziehung von Prausnitz gleichzeitig untersuchten Individuen fand sich nur ein Schwanken des Stickstoffes zwischen 8,2 und 9,2 %.

4. Bei einer weniger gut ausgenutzten und verhältnismäfsig gröfsere Kotbildung verursachenden Nahrung findet man stets das Stickstoffprozent niedriger als die obengenannten Zahlen, z. B. bei gemischter Kost von Vegetabilien nur ca. 5—6 % und bei grobem Roggenbrot stets um ca. 4 % herum.
5. Auch die beiden anderen Bestandteile des Kotes, die bisher bei den Analysen aus der Kotmasse ausgesondert wurden, nämlich Asche und Ätherextrakt, bilden unter gewöhnlichen Kostverhältnissen jeder für sich einen ziemlich konstanten Bruchteil der Kotmasse, sowohl bei demselben Individuum als bei den verschiedenen untersuchten Individuen.

Dem entspricht, dafs sich Rubners Untersuchungen zufolge unter gewöhnlichen Verhältnissen eine in kalorimetrischer Beziehung ganz gleichmäfsige Masse von Rückständen bildet.

Das sind diejenigen Ergebnisse der obengenannten Untersuchungen, die wir wohl als sicher betrachten dürfen, und namentlich Prausnitz, und mit Bezug auf die Punkte 1 und 5 Rubner, haben die Aufmerksamkeit auf diese Tatsachen gelenkt.

Man hat indes aus den besprochenen Versuchen etwas weitergehende Schlüsse gezogen, als in der oben gegebenen Formulierung der Resultate liegen, indem man sich namentlich gedacht hat, die in den Punkten 2—4 angeführten Verhältnisse seien für alle Individuen gültig. Dies ist nun aber, wie wir im folgenden sehen werden, keineswegs richtig.

Eine Erklärung der Art und Weise, wie man sich die Entstehung der obengenannten Verhältnisse zu denken habe, hat Prausnitz zu geben versucht. Seiner Ansicht nach ist es, wie

oben zitiert, am einfachsten, sich den Umstand, dafs das Stickstoffprozent unter gewöhnlichen Ernährungsverhältnissen so konstant bleibt, wie dies wirklich der Fall ist, und zwar wesentlich höher als das Stickstoffprozent der Nahrung, dadurch zu erklären, dafs der Kot unter diesen Verhältnissen gröfstenteils aus Darmsekreten und nicht aus Nahrungsresten bestehen müsse.

Sein Gedanke ist in der Hauptsache folgender. Bei einer Kost, die fast vollständig ausgenutzt wird, speziell bei Reis, Fleisch und Semmel, bildet sich eine ausschliefslich oder hauptsächlich aus Darmsekreten bestehende Kotmasse — ein sogenannter »Normalkot« — mit ca. 8 % Stickstoff, 12—18 % Ätherextrakt und 11—15 % Asche.

Bei gewöhnlicher gemischter Kost müssen die Darmsekrete ferner den wesentlichsten Teil der Kotmasse betragen, da nur dies erklären zu können scheint, dafs das Stickstoffprozent sich unter diesen Verhältnissen so konstant erhält, wie die Versuche es zeigen, trotz recht grofser Verschiedenheiten des Stickstoffgehalts der Nahrung. Ein Teil der Kotmasse mufs hier jedoch aus unverdauten Nahrungsresten bestehen, und hierdurch entsteht das im Verhältnis zum Normalkot etwas niedrigere Stickstoffprozent.

Endlich wird der Kot bei einer stärker kotbildenden Nahrung, vorzüglich bei groben Vegetabilien und grobem Roggenbrot, wesentlich aus Nahrungsresten gebildet sein, und hierin liegt dann der Grund für das niedrige Stickstoffprozent unter diesen Verhältnissen.

Diese Auffassung stützt sich auf reichlich grofse Berücksichtigung des Verhaltens des Stickstoffs allein, ist aber sehr ansprechend, weil sie die vorliegenden Verhältnisse auf so einfache Weise zu erklären scheint, weshalb sie gegenwärtig auch ziemlich allgemein verbreitet ist.

---

Im folgenden werde ich nun eine Reihe im hiesigen Laboratorium unternommener Untersuchungen erörtern, die auf die hier besprochenen Verhältnisse neues Licht zu werfen scheinen.

Dieselben bestehen hauptsächlich aus einer ganzen Reihe Analysen der chemischen Zusammensetzung des Kotes bei Ausnutzungsversuchen über die verschiedenen dänischen Brotsorten mit Beigabe anderer Kost oder ohne solche, die behufs der Bestimmung des Nährwertes der betreffenden Brotsorten angestellt wurden; hierzu kommen aufserdem Analysen des Kotes bei anderen Kostverhältnissen, die mit besonderem Hinblick auf die Aufklärung der in der Einleitung besprochenen Verhältnisse gewählt waren.

Die untenstehende Tabelle A gibt also die Zusammensetzung des Kotes in einer ganzen Reihe von Ausnutzungsversuchen — 29 im ganzen, — die an einem und demselben Individuum unternommen wurden.

(Siehe Tabelle A auf S. 72, 73 und 74.)

Bevor wir zur Diskussion dieser Tabelle schreiten, sind erst verschiedene, die Versuche und die Analysen betreffende Verhältnisse zu erwähnen.

Der betreffende Kot stammt mit Ausnahme des Versuches 27 aus zweitägigen Ausnutzungsversuchen mit der in der Tabelle für jede Analyse angeführten Kost. Die ganze, dem Ausnutzungsversuche entsprechende Kotmasse wurde angesammelt und bei ca. 60° getrocknet, worauf sie ca. 24 Stunden lang bei Zimmertemperatur Feuchtigkeit aufnahm und darauf abgewogen und gemahlen wurde; an dem auf diese Weise gewonnenen Pulver unternahm man die angeführten Bestimmungen mit Bezug auf Trockensubstanz, Stickstoff, Ätherextrakt, Asche, Zellulose, Albuminstoff nach Stutzer und Pentosan. Aufser den gewöhnlichen Bestimmungen sind hier also, wie man sieht, noch zwei neue mitgenommen, nämlich Stickstoff nach Stutzer und Pentosane. Dies geschah rücksichtlich der Pentosane u. a., um in jedem einzelnen Falle entscheiden zu können, ob sich in der Kotmasse Nahrungsreste fanden. An den Pentosanen haben wir nämlich Stoffe, die sich sehr genau bestimmen lassen, und die beim Vorkommen in gröfserer Menge im Kote ganz natürlich als

(Fortsetzung des Textes auf S. 75.)

Tabelle A. **Versuchsindividuum J.**

| Täglich genossene Nahrung | In der Nahrung befanden sich Gramm | | | | | | | Gramm Trockensubstanz des Kotes p. 1000 g Trockensubst. der Nahrung | Prozent in der Trockensubstanz des Kotes | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | stickstoffhalt. Stoffe | Alb.-Stoffe | Fett | Asche | Zellulose | Pentosane | Rest | | Totaler N | Alb. N | Fett | Asche | Zellulose | Pentosane | Rest |
| 1. 904 g sehr grober Pumpernickel, 79 g Fett, 8 g Salz | 68 | 58 | 86 | 22 | 14 | 59 | 358 | 159 | 4,3 | 3,5 | 9,3 | 9,7 | 10,7 | 21,5 | 21,7 |
| 2. V. 1000 g sehr grobes Kommifsbrot, 131 g Fett, 11 g Salz | 68 | 57 | 139 | 25 | 16 | 54 | 439 | 127 | 4,0 | 3,7 | 11,4 | 9,9 | 17,0 | 19,2 | 17,5 |
| 3. V. 1000 g grobes Kommifsbrot, 108 g Fett, 10 g Salz | 62 | 52 | 114 | 22 | 14 | 53 | 437 | 107 | 3,8 | 3,3 | 8,1 | 8,0 | 12,8 | 21,8 | 25,5 |
| 4. 1000 g grober Pumpernickel, 63 g Fett, 3 g Salz | 70 | 62 | 68 | 16 | 13 | 63 | 453 | 124 | 3,5 | 3,0 | 8,9 | 10,3 | 13,2 | 21,0 | 24,7 |
| 5. 1080 g Roggenbrot aus dekort. grobem Mehl, 99 g Fett, 9 g Salz | 90 | 82 | 108 | 25 | 15 | 57 | 490 | 95 | 4,2 | 3,4 | 11,9 | 9,1 | 11,5 | 20,0 | 21,3 |
| 6. 1000 g Roggenbrot (A.), feines vermahl. Mehl, 4 g Salz | 84 | 74 | 13 | 23 | 13 | 63 | 454 | 130 | 4,4 | 3,7 | 11,8 | 9,2 | 13,3 | 18,0 | 20,2 |
| 7. 1090 g Roggenbrot (A.), 100 g Fett, 10 g Salz | 92 | 85 | 107 | 26 | 14 | 60 | 514 | 91 | 4,9 | 4,2 | 12,7 | 9,2 | 10,1 | 16,5 | 20,9 |
| 8. V. 1000 g Kommifsbrot aus fein vermahl. Mehl, 134 g Fett, 10 g Salz | 60 | 54 | 140 | 22 | 12 | 54 | 461 | 88 | 3,9 | 2,8 | 9,2 | 9,2 | 11,1 | 21,3 | 24,8 |
| 9. 1108 g Roggenbrot (M.), feines Mehl, 110 g Fett, 10 g Salz | 97 | 92 | 120 | 29 | 10 | 75 | 496 | 92 | 4,7 | 3,9 | 9,6 | 8,7 | 12,8 | 16,0 | 23,4 |

| Nr. | | Nahrung | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10. | | 1000 g Roggenbrot (J.), feines Mehl<br>65 g Fett<br>4 g Salz | 69 | 60 | 70 | 20 | 11 | 55 | 450 | 85 | 4,2 | 3,6 | 8,5 | 8,4 | 12,4 | 22,0 | 22,3 |
| 11. | V. | 1000 g Roggenbrot aus fein gestofsenem Mehl<br>137 g Fett<br>12 g Salz | 65 | 57 | 143 | 25 | 11 | 60 | 493 | 82 | 4,1 | 3,5 | 9,2 | 9,2 | 11,4 | 20,3 | 24,5 |
| 12. | | 841 g Roggenbrot a. dekort. fein. Mehl. Sauert.<br>85 g Fett<br>5 g Salz | 74 | 64 | 89 | 17 | 8 | 36 | 399 | 86 | 4,5 | 3,9 | 15,8 | 11,2 | 7,1 | 12,1 | 26,0 |
| 13. | | 872 g Roggenbrot aus dekort. fein. Mehl. Hefe<br>87 g Fett<br>7 g Salz | 86 | 67 | 91 | 20 | 9 | 40 | 419 | 64 | 5,2 | 3,9 | 16,3 | 10,5 | 6,9 | 12,3 | 21,3 |
| 14. | | 1043 g halbfeines Roggenbrot (S.)[1])<br>90 g Fett<br>13 g Salz | 62 | 52 | 96 | 22 | 7 | 37 | 560 | 60 | 4,3 | 3,1 | 12,8 | 11,0 | 10,4 | 15,7 | 23,0 |
| 15. | | 1000 g halbfeines Roggenbrot (R.)<br>67 g Fett<br>3 g Salz | 68 | 60 | 72 | 18 | 7 | 41 | 502 | 64 | 4,6 | 3,6 | 12,5 | 14,0 | 8,3 | 16,1 | 20,3 |
| 16. | V. | 1049 g halbfeines Roggenbrot (R.)<br>92 g Fett<br>9 g Salz | 70 | 66 | 96 | 22 | 7 | 31 | 529 | 46 | 4,8 | 3,6 | 13,8 | 12,0 | 7,0 | 15,5 | 21,9 |
| 17. | V. | 1032 g halbfeines Roggenbrot (R.)<br>77 g Fett<br>7 g Salz | 80 | 75 | 82 | 27 | 6 | 37 | 523 | 42 | 5,2 | 3,8 | 13,4 | 11,2 | 7,1 | 14,8 | 21,2 |
| 18. | V. | 999 g feines Roggenbrot[2])<br>111 g Fett<br>7 g Salz | 85 | 69 | 115 | 16 | 1 | 12 | 500 | 19 | 4,6 | 3,3 | 17,1 | 8,7 | 8,1 | 17,6 | 19,7 |
| 19. | | 1016 g feines Roggenbrot<br>5 g Salz | 82 | 78 | 5 | 17 | 2 | 20 | 535 | 37 | 4,7 | 3,6 | 11,3 | 10,0 | 8,4 | 17,0 | 23,9 |
| 20. | | 1032 g Weizenbrot[3])<br>71 g Fett<br>7 g Salz | 103 | 98 | 72 | 17 | 2 | 10 | 546 | 31 | 4,1 | 3,4 | 14,2 | 10,9 | 9,6 | 17,5 | 22,6 |
| 21. | V. | 795 g sehr grobes Kommifsbrot<br>91 g Wurst<br>138 g Käse<br>63 g Fett und 3 g Salz | 112 | 89 | 119 | 30 | 8 | 45 | 346 | 131 | 4,5 | 3,3 | 17,0 | 11,5 | 8,0 | 17,1 | 18,2 |

1) Unter halbfeinem Roggenbrot ist Brot aus Roggenmehl mit ca. 25 % Kleieabzug zu verstehen. Die Versuche 1—13 wurden sämtlich mit Brot aus Roggenmehl ohne Kleieabzug, jedoch, wie angegeben, von sehr verschiedener Vermahlung angestellt.

2) Unter feinem Roggenbrot ist Brot aus gleichen Teilen Roggen- und Weizenmehl zu verstehen; ca. 30 % Kleieabzug.

3) Aus feingebeuteltem Weizenmehl.

Fortsetzung zu Tabelle A.

| Täglich genossene Nahrung | In der Nahrung befanden sich Gramm | | | | | | | Gramm Trockensubstanz des Kotes p. 1000 g Trockensubst. der Nahrung | Prozent in der Trockensubstanz des Kotes | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | stickstoffhalt. Stoffe | Alb.-Stoffe | Fett | Asche | Zellulose | Pentosane | Rest | | Totaler N | Alb. N | Fett | Asche | Zellulose | Pentosane | Rest |
| 22. V. 787 g sehr feines Kommifsbrot<br>92 g Wurst<br>138 g Käse<br>85 g Fett und 3 g Salz | 115 | 95 | 140 | 29 | 9 | 47 | 340 | 116 | 4,0 | 3,2 | 14,7 | 13,1 | 8,5 | 17,0 | 21,8 |
| 23. 750 g Roggenbrot aus dekort. feinem Mehl<br>90 g Wurst<br>132 g Käse<br>83 g Fett und 3 g Salz | 126 | 112 | 134 | 24 | 12 | 39 | 343 | 110 | 4,4 | 3,3 | 18,7 | 13,1 | 9,0 | 14,2 | 17,5 |
| 24. V. 785 g halbfeines Roggenbrot<br>91 g Wurst<br>138 g Käse<br>84 g Fett und 2 g Salz | 112 | 96 | 135 | 32 | 5 | 26 | 389 | 87 | 4,8 | 3,4 | 19,0 | 14,8 | 6,1 | 12,1 | 18,2 |
| 25. V. 800 g feines Roggenbrot<br>91 g Wurst<br>138 g Käse<br>88 g Fett und 5 g Salz | 130 | 105 | 137 | 30 | 0,5 | 17 | 395 | 35 | 4,1 | 3,6 | 12,2 | 15,2 | 7,0 | 15,4 | 22,9 |
| 26. 750 g Roggenbrot (A.)<br>200 g Käse<br>86 g Fett<br>3 g Salz | 186 | 101 | 106 | 23 | 10 | 40 | 273 | 125 | 3,8 | 2,9 | 10,9 | 14,2 | — | 15,3 | — |
| 27. 497 g Roggenbrot (A.)<br>677 g gekochter Klippfisch<br>48 g Butter | 226 | — | 46 | 37 | 6 | 28 | 234 | 73 | 4,4 | 3,4 | 16,1 | 14,5 | — | 11,0 | — |
| 28. 455 g Semmel<br>740 g Fleisch<br>250 g Magermilch<br>30 g Butter | 215 | — | 81 | 17 | 0,6 | 11 | 250 | 104 | 3,9 | 3,3 | 9,4 | 14,2 | — | 16,1 | — |
| 29. 400 g Reis mit Wasser zu Brei gekocht<br>15 g Salz | 28 | 27 | 1 | 26 | 5 | 3 | 298 | 42 | 3,9 | 3,5 | 9,5 | 10,7 | — | 16,7 | — |

nichtresorbierte Reste der Pentosane, nicht aber als Absonderungen des Darms zu betrachten sind. Mit Bezug auf die einzelnen Analysen ist folgendes zu bemerken.

Die Bestimmung der Trockensubstanz geschah durch Eintrocknen auf konstantes Gewicht auf gewöhnliche Weise im Trockenkasten ca. 4 Stunden lang bei etwa 100° und mit einer schliefslichen Temperatur von nicht über 105°, meistens von 104° ca. ½—1 Stunde. Versuche haben erwiesen, dafs die Kotmasse dieses Trocknen erträgt, und dafs das letzte Trocknen bei ein wenig über 100° erforderlich ist, um alles Wasser zu entfernen. Alle anderen Analysen wurden am feingemahlenen, aber nur an der Luft getrockneten Kotpulver ausgeführt, dessen Gehalt an Trockenstoff der Trockensubstanzanalyse gemäfs berechnet wurde.

Der Stickstoff wurde nach Kjeldahl bestimmt. Die Oxydation geschah mit gewöhnlicher konzentrierter Schwefelsäure, indem nach dem Aufhören der Gasentwicklung schwefelsaures Kali und entwässertes schwefelsaures Kupferdoppeloxyd zugesetzt wurden.

Der Stickstoff — Stutzer —, der aus dem eigentlichen Proteinstickstoff besteht, wurde ganz nach dem von Stutzer[1]) angegebenen Verfahren bestimmt. Die Oxydation fand, wie oben beschrieben, statt.

Die Asche wurde auf übliche Weise bestimmt.

Die Zellulose bestimmte man nach der Weender-Methode. Wurde animalische Nahrung gegeben, so korrigierte man die Zellulosenzahl mittels einer Stickstoffbestimmung, wie von K. Mann[2]) angegeben.

Der Ätherextrakt des Kotes wurde auf gewöhnliche Weise durch dreitägige Extraktion, der des Brotes dagegen nach der von Weibull[3]) angegebenen Methode bestimmt.

Die Pentosane wurden nach Flint und Tollens[4]) bestimmt. Bei der Destillation wurden jedesmal 600 ccm hinüberdestilliert.

---

1) Journ. f. Landw., 1881, S. 473.
2) Archiv. f. Hygiene, Bd. 36, S. 58.
3) Zeitschr. f. allgem. Chemie, 1892.
4) Landw. Versuchsstation, 1893.

Die mit V. bezeichneten Versuche wurden vom Herrn cand. med. A. Vincent ausgeführt; sie sind einer Reihe von Untersuchungen über den Nährwert dänischer Brotformen entnommen, die er in einer Abhandlung »Untersuchungen über die Ausnutzung des Brotes«, Kopenhagen 1903, veröffentlichte. Wiederholte Doppelbestimmungen und Kontrolle meinerseits erwiesen, dafs er mit grofser Sorgfalt und Genauigkeit gearbeitet hat. Die übrigen Versuche sind von mir selbst im Verein mit Fräulein cand. polyt. B. Meyer ausgeführt worden.

Doppelbestimmungen wurden nicht überall angestellt, jedoch stets, wenn die Versuche sich nicht gegenseitig kontrollierten, oder wenn sonst besonderer Anlafs dazu vorlag. Bei diesen Kontrollbestimmungen stimmte das Totalstickstoffprozent stets in der ersten Dezimale.

Der Proteinstickstoff stimmte gewöhnlich in der ersten Dezimale, bei einigen Doppelbestimmungen fand sich doch ein Unterschied von einem Zehntel.

Für das Aschenprozent war die durchschnittliche Abweichung 0,05, für Fett ca. 0,02, für Zellulose ca. 0,2 und für Pentosane 0,3.

Um das Verständnis der Tabelle zu erleichtern, bemerke ich noch folgendes.

Die erste Kolonne gibt die Art und Menge der pro Tag genossenen Nahrung an. Die Versuchsperson genofs täglich so viel der betreffenden Nahrung, als zur Erzeugung des Gefühls der völligen Sättigung erforderlich war. Die Versuche erstreckten sich, wie gesagt, auf zwei Tage.

Die 7 nächsten Kolonnen geben den Gehalt der täglichen Nahrungsration an Nährstoffen in Gramm an. Die Zahlen für die stickstoffhaltigen Stoffe und die Albuminstoffe sind durch Multiplikation der betreffenden Stickstoffzahlen mit 6,25 entstanden. Die anderen, wesentlich Kohlehydrate umfassenden Bestandteile bestimmten wir darauf sowohl hinsichtlich der Nahrung als des Kotes durch die Differenz zwischen dem totalen Trockenstoff und der Summe der stickstoffhaltigen Stoffe, des Fettes, der Asche, der Zellulose und der Pentosane.

Betrachten wir diese Tabelle nun näher, so springt vor allen Dingen die grofse Übereinstimmung der prozentigen Zusammensetzung des Kotes bei allen Versuchen in die Augen. Dies gilt besonders vom Totalstickstoff und vom Albuminstickstoff.

Die Mittelzahl aller Analysen ist für Totalstickstoff 4,3, für Albuminstickstoff 3,5, und die Ausschläge von diesen Mittelzahlen sind sehr klein. Nach der Formel $\pm \frac{\sqrt{\Sigma\delta^2}}{n(n+1)}$ berechnet, wird die mittlere Abweichung für den Totalstickstoff $\pm$ 0,08, für den Albuminstickstoff $\pm$ 0,06. Die Zahlen für den Albuminstickstoff sammeln sich also noch näher um das Mittel — die Abweichungen sind kleiner — als die Zahlen für den Totalstickstoff.

Der Stickstoffgehalt der täglich genossenen Nahrung variierte von 28 g stickstoffhaltiger Stoffe im Versuche mit Reis bis sogar 226 g im Versuche mit Klippfisch. Die eigentliche Stickstoffmenge betrug im ersteren Versuche 1,2 %, im letzteren Versuche 6,3 % der gesamten Trockensubstanz. Trotz dieser grofsen Variationen des Stickstoffs der Nahrung bleibt sich der Stickstoffgehalt des ausgeschiedenen Kotes nahezu ganz gleich, und die vorgefundenen Abweichungen vom Mittel sind von dem gröfseren oder geringeren Stickstoffgehalt der Nahrung durchaus unabhängig.

Die Versuche enthalten Repräsentanten aller drei in der Einleitung besprochenen Nahrungsmittel, indem sie nämlich mit grobem, sogar sehr grobem Roggenbrot nebst oder ohne Fett, mit gemischter Kost und endlich mit Reis, mit Weizenbrot und mit Fleisch nebst Weizenbrot angestellt wurden, mit einer Nahrung also, die den sogenannten Normalkot mit ca. 8 % Stickstoff liefern sollte.

In allen drei Gruppen findet man dieselbe niedrige Stickstoffzahl wie in den Versuchen mit grobem Roggenbrot, und bei dieser Versuchsperson zeigt sich also nicht das Schwanken des Stickstoffprozentes des Kotes, das bei früheren Untersuchungen nachgewiesen wurde. Mit anderen Worten: es gibt mithin Individuen, bei denen das Stickstoffprozent des Kotes unverändert

bleibt, nicht nur solange es sich um eine Nahrung aus gemischter Kost oder aus einseitiger, indes ziemlich gutverdaulicher Kost handelt, sondern auch, wenn die Nahrung aus Nahrungsmitteln besteht, die sozusagen vollständig resorbiert werden, und wenn sie aus Nahrungsmitteln zusammengesetzt ist, die, wie grobes Roggenbrot, die gröfste Kotmasse und den gröfsten Ausnutzungsverlust geben. Bei dem hier untersuchten Individuum war es das für grobes Roggenbrot charakteristische niedrige Stickstoffprozent von ca. 4, das in allen Versuchen wiedererschien; wie untenstehende Tabelle B erweist, gibt es aber auch Individuen, bei denen dieselben gleichmäfsigen Verhältnisse sich geltend machen, bei denen es aber das für die sogenannten leichtest verdaulichen Nahrungsmittel charakteristische hohe Stickstoffprozent ist, das bei gemischter Nahrung und bei Nahrung aus grobem Roggenbrot immer wieder zum Vorschein kommt.

Tabelle B.

| Versuchsperson N. Die täglich genossene Nahrung | Prozent der Trockensubstanz des Kotes | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Total-Stickst. | Alb.-Stickst. | Fett | Asche | Pentosane | Rest |
| 1. 692 g grobes Kommifsbrot, 86 g Fett, 5 g Salz | 5,9 | 4,6 | 14,8 | 10,9 | 11,2 | 26,2 |
| 2. 850 g grobes Roggenbrot (A.), 65 g Fett, 8,5 g Salz | 6,3 | 4,8 | 8,8 | 8,2 | 16,3 | 27,3 |
| 3. 800 g halbfein. Roggenbrot (R.), 62 g Fett, 6,5 g Salz | 7,1 | 4,8 | 15,1 | 9,1 | 10,4 | 21,0 |
| 4. 300 g Reis, 10 g Salz | 6,4 | 4,4 | 10,6 | 10,0 | 13,9 | 25,5 |
| 5. Gewöhnl. tägl. gemischte Kost (Weizenbrot) mit viel Fleisch und Butter | 6,7 | 4,5 | 23,9 | 12,1 | 6,9 | 15,2 |

Hier ist das Mittel für den Totalstickstoff 6,5%, für den Albuminstickstoff 4,6%. Beide besprochene Individuen waren völlig normal und gesund, hatten jedenfalls keine subjektiven kränklichen Affektionen des Verdauungskanals.

Anderseits liegen aus dem hiesigen Laboratorium gleichzeitige, an zwei anderen Individuen ausgeführte Untersuchungen vor, wo das Stickstoffprozent sich wesentlich wie in den angeführten Versuchen von Prausnitz verhielt. Tabelle C gibt die Resultate.

Tabelle C.

| | Versuchsperson | Nahrung | Prozent des Trockenstoffs des Kotes | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Total N | Alb. N |
| 1. V. | P. | Sehr grobes Kommifsbrot, Fett und Salz . | 4,4 | 3,3 |
| 2. V. | » | Kommifsbrot aus feinem verm. Mehl, Fett und Salz . . . . . . . . . . . . . . | 4,5 | 3,5 |
| 3. | » | Gew. tägl. gemischte Kost . . . . . . . | 5,9 | 4,2 |
| 4. | » | Gew. tägl. Kost mit viel Reis und Fleisch und nur Weizenbrot . . . . . . . . . | 6,0 | 3,8 |
| 5. V. | V. | Sehr grobes Kommifsbrot, Fett und Salz . | 4,5 | 3,5 |
| 6. V. | » | Grobes Kommifsbrot, Fett und Salz . . | 4,5 | 3,6 |
| 7. | » | Gew. gemischte Kost, viel Fleisch, Butter und Weizenbrot . . . . . . . . . . | 6,1 | 3,7 |

Wie aus der Tabelle zu ersehen, zeigt der Totalstickstoff hier ähnliche Werte wie Prausnitz' Versuche unter entsprechenden Verhältnissen, obschon das Stickstoffprozent nicht völlig so hoch ansteigt wie in letzteren. Der Albuminstickstoff bleibt dagegen in allen Versuchen bei diesen beiden Individuen unverändert. Trotz des Steigens des Totalstickstoffs bei der mehr resorbierbaren Nahrung behält jener denselben oder fast denselben Wert wie in den Versuchen mit grobem Brot.

Auch bei der Versuchsperson N, Tabelle B, ist der Albuminstickstoff verhältnismäfsig niedrig. Er hat hier indes einen etwas höheren Durchschnittswert als bei den anderen Versuchspersonen, ist nämlich ca. 1% höher als in Tabelle A, während der Wert des Totalstickstoffs zugleich 2,2% gröfser ist.

Das will also heifsen, dafs es die anderen stickstoffhaltigen Stoffe des Kotes sind, die das hohe Stickstoffprozent beim Individuum N., Tabelle B, wesentlich bedingt haben, und dafs dieselben ebenfalls das Steigen des

Totalstickstoffs nach mehr resorbierbarer Nahrung bei denjenigen Individuen bedingen, die sich wie P. und V. verhalten.

Kehren wir hierauf nun zur Tabelle A zurück, um zu betrachten, wie sich die anderen chemischen Bestandteile des Kotes verhalten, so haben wir unter diesen vor allen Dingen die besonderes Interesse darbietenden Pentosane zu besprechen.

Die Pentosane oder vielmehr die furfurolbildenden Stoffe sind Verbindungen, die in verhältnismäfsig ziemlich grofser Menge in einigen der pflanzlichen Nährstoffe vorkommen, namentlich im groben Roggenbrot, und die im Kote wesentlich wohl nur als nichtresorbierte Reste der Nahrung aufzufassen sind. Ein sehr geringer Teil dieser Stoffe könnte doch vielleicht von Bakterien herrühren. Die Bakterienzelle enthält höchst wahrscheinlich Pentosane; es liegen indes keine quantitativen Untersuchungen hierüber vor, und die Menge derselben wird im Vergleich mit der totalen Pentosanabsonderung aller Wahrscheinlichkeit nach jedenfalls nur eine geringe sein.

Betrachten wir nun die Kolonne, welche die Menge dieser Stoffe im Kote bei den verschiedenen Versuchen angibt, so zeigt sich auch hier eine ganz auffallende Übereinstimmung des prozentigen Gehaltes. Die Übereinstimmung ist jedoch keine so grofse wie in betreff des Stickstoffprozentes, und wir finden durchweg hohe Zahlen bei den Versuchen mit grobem Roggenbrot. Dies wird am leichtesten ersichtlich, wenn wir die Versuche in drei in untenstehender Tabelle angeführte Gruppen sondern.

(Siehe Tabelle D auf S. 81.)

Diese Tabelle zeigt mit der Haupttabelle zusammengehalten, wie oben gesagt, eine ganz auffallende Übereinstimmung des prozentigen Pentosangehalts des Kotes, trotz der sehr grofsen Verschiedenheiten des Pentosangehalts der Nahrung, der, absolut genommen, zwischen 3 und 63 g und in Prozenten zwischen 0,8 und 9,7 % schwankt.

Die im Kote vorgefundenen Schwankungen des Pentosangehalts sind nicht direkt vom Pentosangehalt der Nahrung abhängig. Die etwas höheren Zahlen

rücksichtlich des groben Roggenbrotes treffen allerdings mit einem höheren Pentosangehalt der Nahrung zusammen; vergleichen wir aber Gruppe 2 mit Gruppe 3, so ist leicht zu ersehen, dafs es nicht die Gröfse des Pentosangehalts der Nahrung sein kann, die den Pentosangehalt des Kotes bedingt, und dafs hier besondere Verhältnisse der einseitigen Kost aus grobem Roggenbrot die etwas höheren Zahlen bewirkt haben müssen. Bei gemischter Kost mit grobem Roggenbrot werden sie nicht wiedergefunden.

Tabelle D.

| | Durchschnittl. Pentosanmenge der Nahrung | | % Pentosan des Kotes |
|---|---|---|---|
| | Gramm täglich | % des Trockenstoffs | |
| 1. Versuche 1—11, alle Versuche mit grobem Roggenbrot | 59<br>(53—63) | 8,2<br>(7,2—9,7) | 19,8<br>(16,5—22,0) |
| 2. Versuche 12—17, 21—23, 26—27, d. i. Versuche mit sehr fein verm. dekort. Mehl, mit halbfeinem Roggenbrot, mit gemischter Kost | 38<br>(28—47) | 5,6<br>(4,1—6,9) | 14,6<br>(11,0—17,1) |
| 3. Versuche 18—20, 24—25, 28—29, d. i. Versuche mit Brot aus Weizen- und Roggenmehl, mit Weizenbrot, mit gemischter Kost mit Semmel mit Reis und Fleisch | 14<br>(3—26) | 2,1<br>(0,8—3,7) | 16,1<br>(12,1—17,6) |
| Die beiden Extreme der Reihe sind Versuch mit Reis | 3 | 0,8 | 16,7 |
| Versuch mit sehr grobem Pumpernickel | 59 | 9,7 | 21,5 |

Die Mittelzahl des Pentosangehalts des Kotes für Gruppe 2 und 3 zusammen — im ganzen 18 Versuche — ist 15,2% und die mittlere Abweichung ± 0,48. In denselben Versuchen ist die mittlere Abweichung für den Totalstickstoffgehalt ± 0,1, und da die Mittelzahl des Stickstoffprozentes nur 4,5, die der Pentosane aber 15,2 beträgt, so entspricht eine mittlere Abweichung für die Pentosane von ± 0,48 einer mittleren Abweichung von

± 0,14 für den Stickstoff. Die Abweichungen sind mithin verhältnismäſsig etwas gröſser als rücksichtlich des Totalstickstoffs jedoch auffallend klein im Vergleich mit den sehr groſsen Verschiedenheiten in betreff des Pentosangehalts der gegebenen Nahrung.

Was endlich die übrigen Stoffe des Kotes betrifft, so zeigen diese eine ganz ähnliche Übereinstimmung hinsichtlich des Prozentgehalts der Kotmasse, was früher ja schon zum Teil von anderen hervorgehoben wurde. Indes sind die Zahlen für Ätherextrakt und Salze bei der einseitigen Kost aus grobem Roggenbrot etwas niedriger als in den anderen Versuchen, während sie für die Zellulose etwas höher sind, sich somit wie die Pentosanzahlen verhalten. Mit Bezug auf den Ätherextrakt sind vorzüglich die Versuche 6, 19 und 29 hervorzuheben. Hier beträgt nämlich die Fettmenge der Nahrung nur 2,0—0,7, bzw. 0,3% des Trockenstoffs, während sie sonst 10—20% der Nahrung bildet, und nichtsdestoweniger ist der Ätherextrakt der Kotmasse 11,8, bzw. 11,3 und 9,5%, also ganz wie in den Versuchen mit reichlicher Fettgabe und in sehr groſser Nähe des Mittels für alle Versuche, das 12,6% beträgt.

Fassen wir nun zusammen, was sich aus den oben genannten Untersuchungen ergibt, so wird dies wesentlich folgendes:

1. In Übereinstimmung mit früheren Versuchen ist hier die weitere Bestätigung gewonnen, daſs Totalstickstoff, Ätherextrakt und Asche bei gewöhnlicher gemischter Nahrung jedes für sich und bei demselben Individuum einen ziemlich konstanten Bruchteil des totalen Trockenstoffs der Kotmasse bilden, von den Mengeverhältnissen dieser Stoffe in der Kost unabhängig.

   Dasselbe erwies sich durch die hier vorliegenden Untersuchungen als für Albuminstickstoff, Zellulose und Pentosane gültig.

2. Im Gegensatz zu früheren Versuchen wurde hier gefunden — erstens, — daſs das Totalstickstoffprozent des Kotes nicht bei allen Individuen bei gemischter Kost dieselbe

Gröfse hat, nicht stets um ca. 6 % herum liegt, sondern bei einigen bedeutend niedriger sein kann — und zweitens, — dafs eine einseitige Nahrung aus grobem Roggenbrot einerseits und anderseits aus Nahrungsmitteln, deren vollständige Resorption allgemein angenommen wird, nicht bei allen Individuen im ersteren Falle ein niedriges, im letzteren ein besonders hohes Stickstoffprozent hervorruft, dafs das Stickstoffprozent dagegen in beiden Fällen denselben Wert behalten kann wie bei gemischter Kost, und zwar sowohl, wo dasselbe besonders niedrig als wo es besonders hoch ist.

Hinsichtlich des Totalstickstoffprozentes des Kotes gibt es also wenigstens drei verschiedene Typen von Individuen.

Der eine Typus hat bei jeglicher Kostform ein sehr niedriges Stickstoffprozent des Kotes, etwa 4 %, der zweite hat in demselben Falle ein verhältnismäfsig hohes Stickstoffprozent, etwa 6—7 %, und der dritte endlich hat bei der groben, stark kotbildenden Kost das niedrige Stickstoffprozent von ca. 4, bei gewöhnlichen Kostverhältnissen ca. 6 und unter besonderen Kostverhältnissen mit sehr geringer Kotbildung ca. 7—8 %.

3. Das Albuminstickstoffprozent war dagegen bei demselben Individuum stets dasselbe bei jeder der untersuchten Kostformen, selbst in den Fällen, wo der Wert des Totalstickstoffs schwankte, und ferner war es das Gleiche bei drei der untersuchten Individuen, während es beim vierten Individuum eine etwas höhere Zahl darbot.

4. Endlich geht aus Tabelle A hervor, dafs es Individuen gibt, bei denen sich von der genossenen Kost ganz unabhängig stets eine Kotmasse von durchweg sozusagen der gleichen Zusammensetzung bildet. Die ausgeschiedene Kotmasse kann je nach der Art der Kost gröfser oder geringer sein — so in den Fällen der Tabelle von 19—159 g ausgeschiedener pro 1000 g eingegebener

Trockenstoff — und dies bedingt eine sehr verschiedene Ausnutzung der Kost; diese Kotmasse möge nun aber grofs oder klein sein, so ist ihre Zusammensetzung fast die gleiche. Vollkommen gleich ist dieselbe indes nicht. Bei der Kost mit sehr grobem Brot sind die Prozentzahlen des Ätherextrakts und der Salze etwas niedriger und die der Zellulose und der Pentosane etwas höher als bei anderer Kost.

Dies sind also die Tatsachen, welche die Untersuchungen uns gelehrt haben. Ist es nun möglich, eine Erklärung der gefundenen Verhältnisse aufzustellen?

Solange man nur Individuen kannte, bei denen der durch frühere Untersuchungen gefundene Typus der Zusammensetzung des Kotes der Kost gemäfs, namentlich mit Bezug auf den Totalstickstoff angetroffen wurde, war Prausnitz' Erklärung von der Gleichmäfsigkeit, bzw. der Verschiedenheit dieser Zusammensetzung sehr befriedigend. Wenigstens war sie einfach und schien keinem der vorliegenden Verhältnisse zu widerstreiten.

Den jetzt vorliegenden Aufschlüssen zufolge scheint sie aber nicht mehr ganz brauchbar zu sein, wenigstens nicht ohne einige Modifikation. Prausnitz' Gedanke ist ja der, dafs die gleichmäfsige Zusammensetzung des Kotes und die exzeptionellen Abweichungen von dieser sich nicht wohl auf andere Weise erklären liefsen als dadurch, dafs der Kot unter gewöhnlichen Verhältnissen ausschliefslich oder wesentlich aus Darmsekreten und nur in besonderen Fällen zugleich aus Nahrungsresten bestünde.

Soll diese Erklärung nun auf Individuen Anwendung finden, bei denen das Stickstoffprozent sich bei verschiedenen Kostformen unveränderlich erhält, so erheischt sie notwendigerweise die Annahme zweier Verhältnisse: erstens, dafs alle Nahrung in der Hauptsache vollständig resorbiert wird, nicht nur unter gewöhnlichen Kostverhältnissen, sondern auch bei Kost aus dem allergröbsten Roggenbrot, und zweitens, dafs der Stickstoffgehalt der Darmsekrete bei den verschiedenen Individuen verschieden ist, bald ca. 4 %, bald ca. 6—7 % beträgt.

Letzteres Verhältnis — individuelle Verschiedenheiten in der betreffenden Richtung — könnten wir natürlich ohne Einrede annehmen; dagegen stehen die Untersuchungen durchaus damit in Widerspruch, dafs die Nahrung vollständig resorbiert werden sollte, da der Kot, selbst von der Restgruppe abgesehen, deren Natur man, streng genommen, ja nicht kennt, doch jedenfalls in der Zellulose und den Pentosanen Stoffe enthält, die sich nach den Mengen, in welchen sie vorkommen, nicht wohl anders als wesentlich aus Nahrungsresten bestehend auffassen lassen.

Die Gleichmäfsigkeit des Stickstoffprozentes müfste dann davon herrühren, dafs nur die stickstoffhaltigen Stoffe, das Fett und die Asche der Nahrung vollständig resorbiert würden, während die Kohlehydrate stets in einem der Gröfse der Darmsekretion proportionalen Mengenverhältnisse resorbiert würden, so zwar, dafs die übrigbleibende Menge nach dieser abgestimmt würde — dann hört die einfache Erklärung aber eigentlich auf, und das Problem wird nur an einen anderen Punkt verlegt.

Prausnitz' Erklärung der Verhältnisse läfst sich deshalb meines Erachtens nicht mehr mit den jetzt vorliegenden Aufschlüssen in Übereinstimmung bringen. Diese scheinen im ganzen vielmehr auf eine gewisse Art Regulation von seiten des Darmkanals hinzudeuten, die sowohl für die stickstoffhaltigen Nahrungsreste als für die Kohlehydrate gültig wäre. Am besten wird dies einleuchten, wenn wir bei der Betrachtung der Verhältnisse unseren Ausgangspunkt von den Pentosanen und der Zellulose, nicht aber, wie es früher geschah, vom Stickstoff nehmen. Wie öfters hervorgehoben, zeigt Tabelle A uns eine ganz vorzügliche Übereinstimmung des Pentosanprozentes des Kotes trotz der sehr grofsen Verschiedenheiten des Gehalts der Nahrung an Pentosanen. Bleiben wir bei den 18 letzten Versuchen der Tabelle A stehen, so haben wir hiermit einer Nahrung zu tun, die von 3—47 g Pentosane enthielt, was einem Prozent von 0,8—6,9 entspricht, und dennoch schwankt der Pentosangehalt des Kotes nur sehr wenig um seinen Mittelwert herum und zwar ohne Abhängigkeit vom Pentosangehalt der Nahrung. Es werden also jedesmal im Darme höchst verschiedene Mengen der aufgenommenen Pento-

sane resorbiert oder zersetzt — von 10,7% an im Versuche mit Reis bis ca. 87% in einigen Versuchen mit Brot (Nr. 13 und 17) — stets aber gerade so viel, dafs das schliefsliche Prozent im Kote sozusagen dasselbe wird. Ein wenig schwankt dieses natürlich in den einzelnen Fällen, indem teils Schwankungen der Prozentzahlen der anderen Stoffe auf eine davon abhängige Gröfse, um die es sich hier ja handelt, influieren müssen, teils Zufälligkeiten (z. B. möglicherweise eine gröfsere oder geringere Menge Bakterien im Kote) wohl hier wie überall unter ähnlichen Verhältnissen ihren Einflufs zur Geltung bringen werden. Etwas ganz Ähnliches wie das hier über die Pentosane Bemerkte gilt rücksichtlich der Zellulose, nur sind die absoluten Zahlen hier so klein und die analytische Methode weit mehr unsicher, so dafs das Resultat nicht so überzeugend wirkt wie mit Bezug auf die Pentosane.

Der Organismus scheint also auf diesem Gebiete eine Art Regulation zu besitzen.

Ist dies aber mit den Pentosanen und der Zellulose der Fall, so mufs ebensowohl die Regelmäfsigkeit der Prozentzahlen für die anderen Stoffe von einer solchen Regulation dieser Stoffe herrühren können und braucht also nicht durch vollständige Resorption derselben aus der Nahrung verursacht zu sein, was anderseits natürlich möglich sein kann. Auf zweifache Weise können wir uns deshalb die genannte Gleichmäfsigkeit der Zusammensetzung des Kotes entstanden denken.

Erstens wäre es denkbar, dafs das Eiweifs, das Fett und die Salze der Nahrung vollständig aufgenommen würden, und dafs der im Kot gefundene Teil dieser Stoffe nur Reste des während der Verdauung ausgeschiedenen gemischten Darmsekrets wären. Letzteres müfste dann bei gewissen Individuen unter allen Verhältnissen denselben Gehalt an Totalstickstoff, Albuminstickstoff, Ätherextrakt und Salzen haben, während es bei anderen Individuen und unter besonderen Verhältnissen einen gröfseren Gehalt an Totalstickstoff haben könnte, der von stärkerer Ausscheidung der nicht albuminstoffhaltigen, wohl aber stickstoffhaltigen Stoffe herrührte. Gegen die Pentosane, die Zellulose und möglicherweise noch andere in der Restgruppe enthaltene, jedoch noch

nicht näher untersuchte Stoffe würde der Organismus gewisse Mafsregeln besitzen, welche die Gröfse, mit der diese Stoffe im Kot auftreten, regulierten.

Zweitens könnte man sich die Entstehung der Gleichmäfsigkeit so denken, dafs eine solche Regulation hinsichtlich aller Nährstoffe der Nahrung stattfände, dafs der Organismus sich also bestrebte, eine ganz gleichmäfsig zusammengesetzte Kotmasse zu bilden, die von den einzelnen Stoffen umfafste, was sowohl aus Darmsekreten als auch aus Nahrungsresten bestünde.

Hinsichtlich des Totalstickstoffs und des Albuminstickstoffs würde es dann in dieser Beziehung die oben nachgewiesenen individuellen Verschiedenheiten geben. Ob ähnliche Verschiedenheiten auch in betreff der übrigen Kotbestandteile zu finden sind, läfst sich wegen der geringen Anzahl der Versuche noch nicht entscheiden.

Dafs es für die groben Brotsorten Werte gibt, die hinsichtlich gewisser Stoffe von den in den anderen Versuchen gefundenen abweichen, könnte vielleicht darin liegen, dafs der Kot hier den Darmkanal verhältnismäfsig geschwinder passierte, weshalb die Zeit nicht genügte, um eine vollständige Regulation eintreten zu lassen.

Obenstehendes enthält nur eine Auseinandersetzung, wie die Verhältnisse auf diesem Gebiete nach den neuen Aufschlüssen, welche die Versuche uns gebracht haben, sich stellen zu müssen scheinen, dagegen keine eigentliche Erklärung weder davon, wie die nachgewiesene Gleichmäfsigkeit der Zusammensetzung des Kotes entsteht, noch davon, was hiermit der Zweck sein mag. Um diese Verhältnisse aufzuklären, bedarf es wahrscheinlich einer längeren Reihe von Untersuchungen. Hier müssen wir uns damit begnügen, die obengenannten Tatsachen festgestellt zu haben, und zwar speziell die, dafs es Individuen gibt, bei denen sich von der genossenen Kost ganz unabhängig im Darm eine Kotmasse bildet, deren einzelne chemische Bestandteile stets in fast ganz demselben Verhältnisse zueinander stehen. Dies kann natürlich jedoch nicht von den Fällen gelten, in welchen ein pflanzliches

oder tierisches Produkt genossen wird, das sich gar nicht oder nur teilweise vom Darmkanal behandeln läfst, und das deshalb die Ausscheidung gröfserer Mengen ganz unveränderter, makro- und mikroskopisch erkennbarer Reste im Kote veranlafst. Bei den hier besprochenen Versuchen erwies der Kot sich selbst bei mikroskopischen Untersuchungen als frei von wesentlichem Gehalt an nachweisbaren Nahrungsresten. Hauptsächlich bestand derselbe aus einer Detritusmasse, und was sich von unverdauten Nahrungselementen, wie Muskelzellen, Fermentzellen und Zellen aus der Fruchthülle des Roggens u. dgl. nachweisen liefs, war nur ganz verschwindend.

## Individuelle Verschiedenheiten der Ausnutzung.

Aus den hier vorgelegten Untersuchungen ging hervor, dafs es mit Bezug auf das Stickstoffprozent des Kotes drei verschiedene Typen von Individuen geben mufs, wie in den Resultaten S. 83 näher erörtert wurde.

Die Frage liegt nun nahe, ob dieser Verschiedenheit des Stickstoffprozentes auch eine ähnliche Verschiedenheit der Ausnutzung entspricht.

Betrachten wir die beiden Typen, wo das Stickstoffprozent sich in allen Versuchen gleich bleibt, das eine Mal ca. 4,5 %, das andere Mal ca. 6,5 %, so mufs bei jedem dieser Individuen der Verlust an Stickstoff bei der Verdauung der ausgeschiedenen Kotmasse proportional sein.

Entspricht also bei den beiden verschiedenen Individuen derselben Nahrung dieselbe Kotmasse, so wird der Verlust an Stickstoff bei ihnen ein sehr verschiedener; bildet sich aber eine verhältnismäfsig geringere Kotmenge bei dem Individuum mit dem höheren Stickstoffprozent, so wird der Verlust an Stickstoff dadurch kompensiert werden können, so dafs die Ausnutzung die gleiche wird.

Bisher haben wir ja immer angenommen, dafs die Ausnutzung der Nahrung bei den verschiedenen Individuen so ziemlich die gleiche sei. Prausnitz und v. Noorden wiesen allerdings kleinere individuelle Verschiedenheiten nach, anderseits hat aber Rubner durch Ausnutzungsversuche mit Reis an

Europäern, die behufs eines Vergleiches mit ähnlichen, von Orsava an Japanern angestellten Versuchen unternommen wurden, wie auch die Münchner Schule durch die Versuche mit Vegetarianerkost, teils an einem langjährigen Vegetarianer, teils an einem Nichtvegetarianer, dargelegt, dafs nicht einmal in diesen Fällen, wo es sich doch um ein im höchsten Grade an die spezielle Kost gewöhntes Individuum einerseits und ein nicht daran gewöhntes anderseits handelte, ein Unterschied der Ausnutzung erschien. Die allgemeine Ansicht ist deshalb die, dafs es keine wesentlichen individuellen Verschiedenheiten der Ausnutzung gebe.

Um nun in dieser Beziehung die Verhältnisse bei den beiden Versuchspersonen J. und D. zu prüfen, welche die genannten Verschiedenheiten des Stickstoffprozentes des Kotes zeigten, wurden vier der an N. unternommenen Versuche so gewählt, dafs sie hinsichtlich der Kost und der ganzen Ausführung vier der an J. angestellten Versuche entsprachen.

Diese acht Versuche sind unten wiedergegeben, und die Ausnutzungsverluste sind ferner der leichteren Übersichtlichkeit wegen in der Tabelle E zusammengestellt.

Tabelle E.

| Versuchs-Nr., den Tab. A u. B entsprechend | Versuchs-person | Kost | % der Trocken-subst. d. Kotes | | Verlust in % | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Total-N | Alb.-N | Trocken-stoff | Stickstoff-halt. Stoffe | Albumin-stoffe | Fett | Asche | Pentosane | Rest |
| A 2 | J. | Sehr grobes Kommifsbrot, Fett, Salz | 4,0 | 3,7 | 12,7 | 34,7 | 38,6 | 7,6 | 37,5 | 33,4 | 7,1 |
| B 1 | N. | detto | 5,7 | 4,6 | 17,4 | 65,1 | 58,4 | 13,8 | 55,0 | 23,4 | 7,7 |
| A 7 | J. | Grobes Roggenbrot, Fett, Salz | 4,9 | 4,2 | 9,1 | 24,7 | 22,7 | 8,8 | 26,8 | 20,2 | 4,3 |
| B 2 | N. | detto | 6,8 | 4,8 | 12,6 | 42,7 | 35,5 | 9,8 | 29,3 | 23,2 | 5,3 |
| A 16 | J. | Halbfeines Roggenbrot, Fett, Salz | 4,8 | 3,6 | 4,6 | 14,8 | 11,9 | 5,0 | 19,2 | 17,7 | 1,9 |
| B 3 | N. | detto | 7,1 | 4,8 | 5,6 | 29,1 | 21,5 | 7,4 | 15,5 | 10,5 | 1,8 |
| A 29 | J. | Reis | 3,9 | 3,5 | 4,2 | 13,2 | 11,8 | [1] | 6,1 | 89,3 | 1,9 |
| B 4 | N. | detto | 6,4 | 4,4 | 5,2 | 26,7 | 18,6 | [1] | 7,6 | 90,5 | 1,8 |

1) In beiden Versuchen wurde mehr Ätherextrakt ausgeschieden, als in der Nahrung enthalten war.

## Ausnutzungsversuche.

### Versuchsperson J.

**Versuch 2.** Tabelle A.

In den zwei Versuchstagen wurden gegessen 2000 g Brot aus sehr grob vermahlenem Roggenmehl (sehr grobes Kommifsbrot), 263 g Fett und 22 g Kochsalz.

| | % Trocken-substanz | Prozent in der Trockensubstanz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Stick-stoff-substanz | Albumin-stoffe | Äther-extrakt | Asche | Zellulose | Pento-sane | Rest¹ |
| Brot . . . | 60,0 | 11,3 | 9,4 | 1,6 | 2,3 | 2,6 | 9,0 | 73,2 |
| Fäces . . . | 18,6 | 25,0 | 23,1 | 11,4 | 9,9 | 16,9 | 19,2 | 17,6 |
| | g Trocken-substanz | Gramm in der Trockensubstanz | | | | | | |
| Nahrung . . | 1482 | 135,6 | 112,8 | 279,2 | 49,6 | 31,7 | 108,0 | 878,4 |
| Fäces . . . | 188 | 47,0 | 43,5 | 21,4 | 18,6 | 31,8 | 36,1 | 33,1 |
| % Verlust . | 12,7 | 34,7 | 38,6 | 7,6 | 37,5 | 100 | 33,4 | 3,8 |

**Versuch 7.** Tabelle A.

In den zwei Versuchstagen wurden gegessen 2191 g Roggenbrot (A) aus ganzem Korn, feinem Mehl, 201 g Fett und 20 g Kochsalz.

| | % Trocken-substanz | Prozent in der Trockensubstanz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Stick-stoff-substanz | Albumin-stoffe | Äther-extrakt | Asche | Zellulose | Pento-sane | Rest |
| Brot . . . | 64,1 | 13,1 | 12,1 | 1,0 | 2,2 | 2,0 | 8,4 | 73,1 |
| Fäces . . . | 22,0 | 30,7 | 26,1 | 12,7 | 9,2 | 10,1 | 16,5 | 20,9 |
| | g Trocken-substanz | Gramm in der Trockensubstanz | | | | | | |
| Nahrung . . | 1623 | 184 | 169,9 | 212,5 | 50,7 | 28,1 | 120,8 | 1026,6 |
| Fäces . . . | 148 | 45,4 | 38,6 | 18,8 | 13,6 | 14,8 | 24,4 | 30,9 |
| % Verlust . | 9,1 | 24,7 | 22,7 | 8,8 | 26,8 | 52,7 | 20,2 | 3,0 |

**Versuch 14.** Tabelle A.

In den zwei Versuchstagen wurden gegessen 2089 g halbfeines Roggenbrot, 183 g Fett und 18 g Kochsalz.

| | % Trockensubstanz | Prozent in der Trockensubstanz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Stickstoffsubstanz | Albuminstoffe | Ätherextrakt | Asche | Zellulose | Pentosane | Rest |
| Brot . . . | 62,4 | 10,8 | 10,1 | 0,8 | 2,0 | 1,1 | 4,7 | 80,7 |
| Fäces . . . | 25,6 | 29,9 | 22,6 | 13,8 | 12,0 | 7,0 | 15,5 | 21,9 |
| | g Trockensubstanz | Gramm in der Trockensubstanz | | | | | | |
| Nahrung . . | 1508 | 141,4 | 132,2 | 191,8 | 43,7 | 14,4 | 61,5 | 1056,5 |
| Fäces . . . | 70 | 20,9 | 15,8 | 9,7 | 8,4 | 4,9 | 10,9 | 15,3 |
| % Verlust . | 4,6 | 14,8 | 11,9 | 5,0 | 19,2 | 34,0 | 17,7 | 1,5 |

**Versuch 29.** Tabelle A.

In den zwei Tagen wurden gegessen 800 g Reis mit Wasser zu Brei gekocht und 30 g Kochsalz.

| | % Trockensubstanz | Prozent in der Trockensubstanz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Stickstoffsubstanz | Albuminstoffe | Ätherextrakt | Asche | Pentosane | Rest |
| Reis . . . | 86,4 | 8,1 | 8,0 | 0,3 | 3,2 | 0,8 | 87,6 |
| Fäces . . . | 28,3 | 24,4 | 21,9 | 9,5 | 10,7 | 16,7 | 38,7 |
| | g Trockensubstanz | Gramm in der Trockensubstanz | | | | | |
| Nahrung . . | 721,2 | 56,0 | 55,3 | 2,0 | 52,2 | 5,6 | 606,0 |
| Fäces . . . | 30,0 | 7,4 | 6,6 | 2,8 | 3,2 | 5,0 | 12,0 |
| % Verlust . | 4,2 | 13,2 | 11,8 | — | 6,1 | 89,3 | 1,9 |

## Versuchsperson N.

**Versuch 1.** Tabelle B.

In den zwei Versuchstagen wurden gegessen 1384 g Brot aus sehr grob vermahlenem Roggenmehl, 172 g Fett und 10 g Kochsalz.

| | % Trockensubstanz | Prozent in der Trockensubstanz | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Stickstoffsubstanz | Albuminstoffe | Ätherextrakt | Asche | Pentosane | Rest |
| Brot . . . | 58,3 | 12,1 | 10,5 | 1,8 | 3,0 | 10,8 | 72,3 |
| Fäces . . . | 23,6 | 36,9 | 28,8 | 14,8 | 10,9 | 11,2 | 26,2 |
| | g Trockensubstanz | Gramm in der Trockensubstanz | | | | | |
| Nahrung . . | 987 | 97,6 | 84,7 | 184,5 | 34,2 | 82,3 | 588 |
| Fäces . . . | 172 | 63,5 | 49,5 | 25,5 | 18,7 | 19,3 | 45 |
| % Verlust . | 17,4 | 65,1 | 58,4 | 13,8 | 55,0 | 23,4 | 7,7 |

**Versuch 2.** Tabelle B.

In den zwei Versuchstagen wurden gegessen 1700 g Roggenbrot (A), 130 g Fett und 17 g Kochsalz.

| | % Trocken-substanz | Prozent in der Trockensubstanz: Stick-stoff-substanz | Albumin-stoffe | Äther-extrakt | Asche | Pento-sane | Rest |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Brot . . . | 63,5 | 13,1 | 12,0 | 1,0 | 2,4 | 10,0 | 73,5 |
| Fäces . . . | 22,3 | 39,4 | 30,0 | 8,8 | 8,2 | 16,3 | 27,3 |
| | g Trocken-substanz | Gramm in der Trockensubstanz | | | | | |
| Nahrung . . | 1225 | 141,5 | 129,6 | 138,8 | 42,9 | 108,0 | 794 |
| Fäces . . . | 154 | 60,7 | 46,2 | 13,6 | 12,6 | 25,1 | 42 |
| % Verlust . | 12,6 | 42,7 | 35,5 | 9,8 | 29,3 | 23,2 | 5,3 |

**Versuch 3.** Tabelle B.

In den zwei Tagen wurden gegessen 1600 g halbfeines Roggenbrot, 124 g Fett und 13 g Kochsalz.

| | % Trocken-substanz | Prozent in der Trockensubstanz: Stick-stoff-substanz | Albumin-stoffe | Äther-extrakt | Asche | Pento-sane | Rest |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Brot . . . | 62,1 | 10,0 | 9,4 | 0,9 | 2,5 | 6,5 | 80,1 |
| Fäces . . . | 24,0 | 44,4 | 30,0 | 15,1 | 9,1 | 10,4 | 21,0 |
| | g Trocken-substanz | Gramm in der Trockensubstanz | | | | | |
| Nahrung . . | 1129,6 | 99,4 | 93,4 | 132,0 | 38,0 | 64,6 | 796 |
| Fäces . . . | 65,0 | 28,9 | 19,5 | 9,8 | 5,9 | 6,8 | 14 |
| % Verlust . | 5,7 | 29,1 | 21,5 | 7,4 | 15,5 | 10,5 | 1,8 |

**Versuch 4.** Tabelle B.

In den zwei Tagen wurden gegessen 600 g Reis und 20 g Kochsalz.

| | % Trocken-substanz | Prozent in der Trockensubstanz: Stick-stoff-substanz | Albumin-stoffe | Äther-extrakt | Asche | Pento-sane | Rest |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reis . . . | 86,4 | 8,1 | 8,0 | 0,3 | 3,2 | 0,8 | 87,6 |
| Fäces . . . | 30,8 | 40,0 | 27,5 | 10,6 | 10,0 | 13,9 | 25,5 |
| | g Trocken-substanz | Gramm in der Trockensubstanz | | | | | |
| Nahrung . . | 538 | 43,6 | 41,9 | 1,6 | 36,6 | 4,2 | 454 |
| Fäces . . . | 28 | 11,2 | 7,8 | 3,0 | 2,8 | 3,8 | 8 |
| % Verlust . | 5,2 | 26,7 | 18,6 | — | 7,6 | 90,5 | 1,8 |

Vergleichen wir nun die Zahlen dieser Tabelle, so sehen wir, dafs von einer Kompensation der Kotmenge so wenig die Rede ist, dafs im Gegenteil bei N. sogar eine gröfsere Kotmasse ausgeschieden wird als bei J. Der Verlust an Stickstoff wird deshalb bei N. aufserordentlich grofs und hier weit gröfser als bei J. Dies gilt sowohl vom Totalstickstoff als von den eigentlichen Albuminstoffen.

Fett, Asche und Kohlehydrate zeigen dagegen so ziemlich den gleichen Ausnutzungsverlust, jedenfalls bei weitem keine so grofse Verschiedenheit wie der Stickstoff.

Es kann also sehr grofse individuelle Verschiedenheiten hinsichtlich der Ausnutzung der Albuminstoffe im Darme geben, die den beiden Typen von Individuen mit niedrigem, bzw. hohem Stickstoffprozente entsprechen. Wenn solche Verschiedenheiten unbeachtet blieben, so mufs das seinen Grund wohl darin haben, dafs die wenigen vergleichenden Untersuchungen dieser Art, die in der Literatur vorliegen, zufälligerweise an Individuen angestellt wurden, die sich mit Bezug auf das Stickstoffprozent des Kotes auf gleiche Weise verhalten.

Anderseits scheint die Ausnutzung des Stickstoffs sich bei Individuen mit demselben Stickstoffprozent der Trockensubstanz des Kotes ganz gleich zu verhalten, wenigstens soweit sich nach untenstehender Zusammenstellung in der Tabelle F von der Ausnutzung desselben groben Roggenbrots bei den drei Personen J., P. und V. beurteilen läfst.

Tabelle F.

| Versuchs-Nr. | Versuchs-person | Kost | % in der Trockensubst. des Kotes | | Verlust in % | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Total-N | Album.-N | Trocken-substanz | Stickstoff-substanz | Albumin-stoffe | Äther-extrakt | Asche | Zellulose | Pentosane | Rest |
| A 2 | J. | Sehr grobes Kommifsbrot | 4,0 | 3,7 | 12,7 | 34,7 | 38,6 | 7,6 | 37,5 | 100,0 | 33,4 | 7,1 |
| C 1 | P. | detto | 4,4 | 3,3 | 12,3 | 40,0 | 34,0 | 9,4 | 33,9 | 82,3 | 28,3 | 4,5 |
| C 5 | V. | detto | 4,5 | 3,5 | 12,9 | 44,0 | 38,7 | 7,7 | 39,2 | 68,5 | 33,3 | 5,0 |
| A 3 | J. | Grobes Kommifsbrot | 3,8 | 3,3 | 10,7 | 28,9 | 30,1 | 5,4 | 27,6 | 68,7 | 31,1 | 4,4 |
| C 6 | V. | detto | 4,5 | 3,6 | 10,6 | 33,8 | 30,8 | 6,2 | 31,6 | 59,8 | 37,4 | 3,5 |

## Tabelle F entspricht folgenden Ausnutzungsversuchen:

### Versuch 1. Tabelle C.

Versuchsperson P. In den zwei Versuchstagen wurden gegessen 820 g Brot aus sehr grob vermahlenem Roggenmehl, 121 g Fett, 13 g Salz.

| | % Trocken-substanz | Prozent in der Trockensubstanz: Stick-stoff-substanz | Albumin-stoffe | Äther-extrakt | Asche | Zellulose | Pento-sane | Rest |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Brot . . . | 61,8 | 10,6 | 9,4 | 1,4 | 1,8 | 1,9 | 8,8 | 75,5 |
| Fäces . . . | 17,8 | 27,5 | 20,6 | 15,1 | 9,5 | 10,1 | 16,0 | 21,8 |
| | g Trocken-substanz | Gramm in der Trockensubstanz | | | | | | |
| Nahrung . . | 639,6 | 53,7 | 47,6 | 126,9 | 22,1 | 9,6 | 44,6 | 382,6 |
| Fäces . . . | 78,7 | 21,6 | 16,2 | 11,9 | 7,5 | 7,9 | 12,6 | 17,2 |
| % Verlust . | 12,3 | 40,0 | 34,0 | 9,4 | 33,9 | 82,3 | 28,3 | 4,5 |

### Versuch 5. Tabelle C.

Versuchsperson V. In den zwei Tagen wurden gegessen 1363 g Brot (wie in Versuch 1), 229,5 g Fett, 18 g Salz.

| | % Trocken-substanz | Prozent in der Trockensubstanz: Stick-stoff-substanz | Albumin-stoffe | Äther-extrakt | Asche | Zellulose | Pento-sane | Rest |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Brot . . . | 62,1 | 10,6 | 9,4 | 1,4 | 2,0 | 2,4 | 8,2 | 75,4 |
| Fäces . . . | 18,6 | 28,1 | 21,9 | 13,1 | 9,8 | 9,9 | 16,4 | 22,7 |
| | g Trocken-substanz | Gramm in der Trockensubstanz | | | | | | |
| Nahrung . . | 1091,6 | 89,7 | 79,5 | 239,0 | 35,2 | 20,3 | 69,4 | 638,0 |
| Fäces . . . | 140,7 | 39,5 | 30,8 | 18,4 | 13,9 | 13,9 | 23,1 | 31,9 |
| % Verlust . | 12,9 | 44,0 | 38,7 | 7,7 | 39,2 | 68,5 | 33,3 | 5,0 |

### Versuch 6. Tabelle C.

Versuchsperson V. In den 2 Tagen wurden gegessen 1394 g grobes Kommifsbrot, 242 g Fett, 21 g Salz.

| | % Trocken-substanz | Prozent in der Trockensubstanz: Stick-stoff-substanz | Albumin-stoffe | Äther-extrakt | Asche | Zellulose | Pento-sane | Rest |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Brot . . . | 60,5 | 11,5 | 10,2 | 1,1 | 2,0 | 2,6 | 9,7 | 73,1 |
| Fäces . . . | 22,8 | 28,0 | 22,6 | 13,2 | 10,1 | 11,2 | 19,1 | 18,4 |
| | g Trocken-substanz | Gramm in der Trockensubstanz | | | | | | |
| Nahrung . . | 1103,1 | 97,0 | 86,0 | 248,7 | 37,4 | 21,9 | 81,8 | 616,4 |
| Fäces . . . | 117,2 | 32,8 | 26,5 | 15,5 | 11,8 | 13,1 | 22,4 | 21,6 |
| % Verlust . | 10,6 | 33,8 | 30,8 | 6,2 | 31,6 | 59,8 | 37,4 | 3,5 |

**Versuch 8.** Tabelle A.

Versuchsperson J. In den zwei Tagen wurden gegessen 2000 g Brot (wie Versuch 6), 215 g Fett, 20 g Salz.

| | % Trocken-substanz | Prozent in der Trockensubstanz | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Stick-stoff-substanz | Albumin-stoffe | Äther-extrakt | Asche | Zellulose | Pento-sane | Rest |
| Brot . . . | 58,5 | 10,6 | 8,8 | 1,3 | 2,0 | 2,4 | 9,0 | 74,7 |
| Fäces . . . | 18,0 | 23,8 | 20,6 | 8,1 | 8,0 | 12,8 | 21,8 | 25,5 |
| | g Trocken-substanz | Gramm in der Trockensubstanz | | | | | | |
| Brot . . . | 1402,9 | 124,0 | 103,0 | 228,1 | 43,4 | 28,1 | 105,3 | 874,0 |
| Fäces . . . | 150,4 | 35,8 | 31,0 | 12,2 | 12,0 | 19,3 | 32,8 | 38,4 |
| % Verlust . | 10,7 | 28,9 | 30,1 | 5,4 | 27,6 | 68,7 | 31,1 | 4,4 |

Sowohl das Total- als das Albuminstickstoffprozent ist bei den Versuchen mit grobem Roggenbrot für diese drei Individuen ganz dasselbe, und dementsprechend findet man auch die Ausnutzung des Stickstoffs bei den drei Personen als nahezu ganz die gleiche.

# Zur Biologie der Fäulnis.

Von

Dr. **Gottlieb Salus.**

(Aus dem Hygienischen Institut der deutschen Universität in Prag.
Vorstand: Prof. Hueppe.)

(Mit Tafel I.)

Wer es unternimmt, einen jener Vorgänge in der Natur zu beobachten, welche auf die Zertrümmerung der leblosen organischen Materie gerichtet sind, der wird über die Fülle von Mikrobienarten erstaunen, welche anscheinend für diesen Zweck mobilisiert werden; von den pathologischen Prozessen her an weit einfachere Verhältnisse der Bakterienflora gewöhnt, wird er sich kaum des Eindruckes erwehren können, daſs es den Mikroorganismen weit leichter werde, den höher organisierten Wesen Krankheit und den Tod zu bringen, als nachher den des Lebens beraubten Körper in seine elementaren Bestandteile zu zerlegen und dadurch neuerdings dem Kreislaufe der Stoffe in der Natur zuzuführen.

Indessen ist diese Mannigfaltigkeit des Bakterienlebens nur für den ersten Anblick eine verschwenderische, bei näherem Zusehen erweist sie sich im Gegenteil als höchst ökonomisch. Die Flüssigkeit in einem Gefäſse, auf deren Grunde faulfähige Substanzen lagern, beginnt sich zuerst zu trüben, dann überzieht sie sich mit einem Häutchen; hernach beobachtet man das Aufsteigen übelriechender Gasblasen, und das eiweiſshaltige Substrat fängt an, sich dunkler zu färben und sich allmählich aufzulösen. Das dauert eine Zeitlang, dann hören Gasbildung und übler Geruch auf, die Flüssigkeit wird wieder klarer, und am Boden bleibt ein

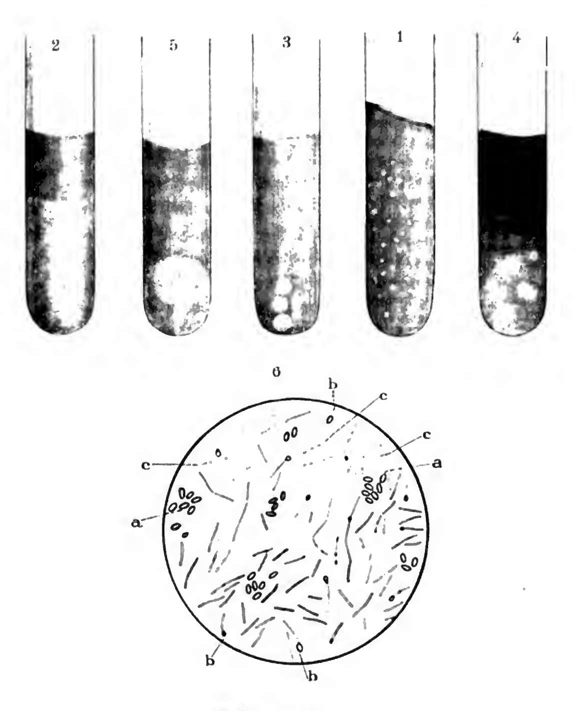
schwärzlicher Rückstand, welcher weiterer Zersetzung energisch trotzt. Die Fäulnis ist zum Abschlusse gekommen.

Diesen verschiedenen Stadien der Fäulnis entspricht auch ein wechselndes, ungemein mannigfaltiges Bild der Bakterienvegetation.

Zunächst gilt es, den Sauerstoff des Mediums zu absorbieren und dasselbe gegen die atmosphärische Luft abzuschliefsen; daher Trübung der Flüssigkeit und Häutchenbildung. Da die Überzahl der Bakterien des Sauerstoffs zum Leben bedarf oder ihn doch vorzieht, verwendet die Natur für diese vorbereitende Arbeit alle jene Aerobier, welche gerade im Substrate selbst oder in dessen Nähe vegetieren. Daher jene scheinbare Verschwendung an Bakterien, Vibrionen, Kokken und Sarcinenarten.

Ist einmal die Anaerobiose hergestellt, dann wachsen in der Flüssigkeit jene Arten, welche ohne Sauerstoff zu leben imstande sind, und jene, die ihn direkt scheuen. Letztere treten plötzlich auf, offenbar von wenigen Sporen stammend, die uns bis dahin wegen ihrer geringen Zahl unter den zahllosen anderen entgangen waren. Diese Sporen sind durch den Reiz der sauerstofffrei gewordenen Umgebung zu neuem Leben und üppiger vegetativer Vermehrung erwacht, sie beherrschen bald das Gesichtsfeld, sie sind die eigentlichen Zerstörer des Eiweifses. Wenn dann die Zersetzung des Substrates durch diese Bakterien soweit gediehen ist, dafs die übrig gebliebenen, immer noch hoch zusammengesetzten organischen Verbindungen ihrer Energie unüberwindlichen Widerstand leisten, und die Bakterien in einen Notzustand der Ernährung geraten, dann tritt wieder reichlichere Sporenbildung auf, und in bedürfnislosen Dauerformen warten die Mikroben auf bessere Zeiten.

[In unseren Versuchen waren regelmäfsig, wenn die äufseren Erscheinungen der Fäulnis abgelaufen waren, die lebhaft beweglichen Anaerobier zur Ruhe gekommen, zu grofsem Teile degeneriert und zerfallen (viele nahmen Farbstoffe schlecht an, zeigten Vakuolen oder zerfielen direkt in Bruchstücke). Dafür trat reichliche Sporulation auf. (Siehe Fig. 6.)]




## Tafelerklärung.

1. Clostridium foetidum carnis. Hohe Agarschicht.
2. » » » Gelatinestich, in Verflüssigung begriffen.
3. » » » Hohe Gelatineschicht.
4. Bacillus saprogenes carnis. Hohe Agarschicht.
5. » » » Gelatinestich, in Verflüssigung begriffen.
6. Faulflüssigkeit von symbiotischem Fäulnisversuch, gegen Ende des Vorgangs.

a) Sporenhäufchen des Clostridium.
b) Sporen des Bacillus saprogenes.
c) Bazillen in Zerfall.

Druck und Verlag von R. Oldenbourg in München.

Von wesentlicher Bedeutung für das Zustandekommen der Fäulnis ist also nur ein geringer Teil der in der Faulflüssigkeit enthaltenen Bakterien. Die Rolle der Aerobier ist nur eine vorbereitende, von den fakultativen Anaerobiern mögen manche auch, wohl nur in bescheidenem Mafse, an dem Zerstörungswerke Anteil nehmen, welches sie allein einzuleiten, aber nicht zu vollbringen imstande sind. Noch andere sind harmlose Schmarotzer, die sich dort niederlassen, wo sie den Tisch gedeckt finden. Es ist uns sonach nur ein kleiner Teil dieser Keime unentbehrlich, wenn wir experimentell Fäulnis erzielen wollen, ja es genügt die Reinzüchtung einer einzigen, wirklich saprogenen Art, um alle anderen eliminieren zu können. Nur müssen wir ihre Arbeit dadurch ersetzen, dafs wir künstlich anaerobe Verhältnisse herstellen. Lassen wir dann noch die die Fäulnis begünstigenden physikalischen Faktoren, namentlich Feuchtigkeit und Wärme einwirken, dann geht der Prozefs ebenso, ja noch rascher vor sich, als früher unter den komplizierten biologischen Verhältnissen.

Die Fäulnis der Eiweifskörper gehört auch in chemischer Hinsicht zu den kompliziertesten Vorgängen.

Nach Ablauf des Prozesses bleiben hoch zusammengesetzte Verbindungen zurück. Es kommt zwar auch zur Bildung von Ammoniak, mitunter von Nitriten, aber die Hauptmasse besteht aus verschiedenen höheren, stickstoffhaltigen Verbindungen als: Amidosäuren (Leucin, Tyrosin), aromatischen Körpern (Indol, Skatol, Phenol, Kresol, Oxysäuren etc.), flüchtigen Fettsäuren, namentlich Buttersäure und Valeriansäure. Von den genannten Produkten sind gewisse in einem Falle da, während sie in einem anderen fehlen; auch die Zusammensetzung des Gases ist eine inkonstante, so dafs manchen Autoren die Fäulnis chemisch nicht genügend scharf charakterisiert erscheint. Das kommt besonders bei Lehmann drastisch zum Ausdrucke, wenn er in seinem Lehrbuche sagt: »Da aber bei Zersetzungen verschiedener Nährböden die aufgezählten Stoffwechselprodukte in der Regel nur zum Teile und in ganz wechselnden Kombinationen gefunden

werden, so läfst sich die Fäulnis mit chemischen Mitteln kaum exakter definieren, als es mit den Sinnen möglich ist. Ich bin deshalb der Meinung, es sei am besten, den Ausdruck Fäulnis nur im ganz allgemeinen, laienhaften Sinne für jede stinkende Zersetzung von Eiweifskörpern zu verwenden.«

Indessen erscheint die Fäulnis durch ihre Produkte und die biologischen Vorgänge wenigstens hinlänglich charakterisiert, um sie scharf genug von einem anderen verwandten Zersetzungsprozesse, von der Verwesung zu trennen.

Es soll im weiteren stets nur von der typischen natürlichen Fäulnis die Rede sein, welche durch die Tätigkeit niederer Lebewesen bedingt ist; nicht von jenen zu ähnlichen Endprodukten führenden Eiweifsspaltungen, welche künstlich durch chemische Agentien erzeugt werden können. Trotz der gleichen Endprodukte sind sie nicht zur Fäulnis zu zählen. So werden »Proteinstoffe beim Sieden mit Natrium- oder Baryumhydroxydlösung zunächst zu Natrium- resp. Baryumalbuminaten, welche dann Leucin, Tyrosin, Ammoniak, Oxalsäure, Essigsäure, Kohlendioxyd und Wasserstoffsulfid liefern. Beim Schmelzen mit Alkalihydroxyden entsteht neben Leucin und Tyrosin auch Indol, Skatol, Ameisen- und Oxalsäure, Kohlendioxyd und Ammoniak.« (Schwanert.)

Wir können nun die natürliche typische Fäulnis definieren als die bei Luftabschlufs erfolgende, durch (anaerobe) Bakterien bedingte Zersetzung der Eiweifskörper und ihrer Verwandten, welche stets unter ihren Produkten auch hoch zusammengesetzte organische Verbindungen hinterläfst. Sie erfolgt unter Bildung von Gasen, die zum Teil übel riechen und endet mit dem Übrigbleiben beträchtlicher, resistenter Rückstände.

Handelt es sich bei der Fäulnis hauptsächlich um Reduktionsprozesse, so treten bei der Verwesung Oxydationsvorgänge in den Vordergrund. Sie ist die unter Luftzutritt erfolgende Zersetzung des Eiweifses und eiweifsartiger Substanzen, wobei einfache Verbindungen, wie Ammoniak, Wasser, Kohlensäure entstehen und nur ein geringer

mineralischer Rest zurückbleibt. Bei der Verwesung schwindet die organische Substanz, bei der Fäulnis bleibt sie zu grofsem Teile in verändertem Zustande zurück.

In der Natur gehen Verwesung und Fäulnis oft ineinander ohne scharfe Grenze über; so kann Verwesung durch Eindringen von Wasser und die dadurch bedingte Luftverdrängung sistiert und Fäulnis an ihrer Stelle eingeleitet werden, und umgekehrt.

Die hier gegebene Definition der Fäulnis ist keineswegs allgemein anerkannt worden, überhaupt herrscht über diese Begriffe nicht die wünschenswerte Klarheit. Auch hat dies ebenso interessante als schwierige Gebiet bisher auf die Bakteriologen noch wenig Anziehungskraft ausgeübt. So kommt es, dafs wir in den vier Jahrzehnten, seitdem Pasteur (1863) für die Bedeutung der Bakterien bei der Fäulnis im allgemeinen und der Anaerobier insbesondere eingetreten ist, nur um soviel weiter gekommen sind, dafs wir etwa sechs Arten sicherer Fäulniserreger kennen, alles obligate Anaerobier und dafs trotzdem an dem Anaerobencharakter der typischen Fäulnis noch vielfach gezweifelt wird.

Vor Pasteur herrschte die chemische Theorie von Gay-Lussac, nach welcher für die Fäulnis Lebewesen überflüssig und Sauerstoff unerläfslich sein sollte; Liebig sah in ihr eine durch die Oxydation angeregte, zur Zersetzung führende Molekularbewegung, welche sich auf andere zersetzbare Stoffe fortpflanze.

Pasteur dagegen zeigte, wie schon vor ihm z. T. Schwann, durch mannigfaltige Versuche, dafs abgekochte Substrate nie faulen, wenn man verhindert, dafs durch die Luft neue Erreger der Fäulnis hineingetragen werden. Es sind also Mikrobien unbedingt nötig. Aber der Sauerstoff ist nicht nur überflüssig, sondern es entstehen gerade die charakteristischen Produkte der Fäulnis nur bei Luftabschlufs. Er stellte also die geltende Lehre auf den Kopf, wenn er erklärte: »Il résulte . . ., que le contact de l'air n'est aucunement nécessaire au développement de la putrefaction. Bien au contraire, si l'oxygène dissous dans un liquide putrescible

n'était pas tout d'abord soustrait par l'action d'êtres spéciaux, la putrefaction n'aurait pas lieu. L'oxygène ferait périr les vibrions, qui tenteraient de se développer à l'origine.« Er unterschied also schon zwischen Aerobien und Anaerobien (vibrions); erstere wachsen an der Oberfläche der Flüssigkeiten, nehmen Sauerstoff auf und geben Kohlensäure ab. Haben sie sich zu einer dichten Membran entwickelt, dann können die Vibrionen, falls solche in dem Medium vorhanden sind, die Spaltung der Proteine vollziehen. Dabei gelangt die Zersetzung nur bis zu zusammengesetzten Verbindungen, die entweder bestehen bleiben oder bei günstigen Bedingungen durch die Aërobier weiter oxydiert werden. Also Wechsel von Fäulnis und Verwesung nach unseren heutigen Begriffen!

Haben auch unsere Kenntnisse von den Bakterien seither ungeahnte Fortschritte gemacht, sind die Vibrionen als Anaerobier und Fäulniserreger nicht mehr anerkannt und Monaden und Bacterien termo (Pasteurs Aerobier) aus der Nomenklatur verschwunden, das Wesentliche in seiner Auffassung der Fäulnis ist geblieben; wenn auch vielfach bis heute nur die erste These anerkannt wird: Keine Fäulnis ohne Mikroben, während die zweite bekämpft wird: die typische Fäulnis ist die Domäne der Anaerobier. Letzteres geschieht der Gruppe der Protei zuliebe.

Im Jahre 1885 wurde von Hauser diese Gruppe genau beschrieben und die Glieder derselben (Proteus vulgaris, mirabilis und Zenkeri) als die hauptsächlichsten Erreger der Fäulnis bezeichnet. Diese Mikrobien, welche in allen Faulflüssigkeiten zu finden sind und zweifellos einen sehr brauchbaren Indikator für Fäulnis abgeben, sollten dabei untereinander gewisse Verschiedenheiten zeigen, indem von einem Indol gebildet wird (Prot. vulg.), vom anderen (P. Zenkeri) nicht.

Die vielen sonst beschriebenen Aerobier sind als Erzeuger der Fäulnis, namentlich der Leichenfäulnis recht schwach fundiert, und man gibt sie leichten Herzens hin, aber von den Protei wird der Abschied schwer; sie stehen immer noch in ungeschwächtem Ansehen und sollen — sie sind fakultative Anaerobier — aerob

und anaerob Fäulnis bewirken. So erklärt Löffler (in »Das Wasser und die Mikroorganismen«): »Die Proteusarten sind die typischen Erreger der Fäulnis«, und selbst jene Autoren, welche — wie Flügge — anerkennen, dafs hauptsächlich Anaerobier in Betracht kommen, lassen den Protei ein Pförtchen offen.

Insbesondere hat Kuhn durch eine gröfsere Reihe eingehender Versuche den Beweis für diese Energie der Protei zu erbringen geglaubt, doch darf man wohl diese Beweise für nicht zulänglich erklären. So impft er auf frisches, steril unter allen Kautelen entnommenes Fleisch und auf gekochtes Fleisch von einem Faulgemisch ab und beide Proben zeigen graubraune Verfärbung und Verflüssigung; impft er dagegen auf dieselben Substrate Proteus vulg. resp. Zenkeri, so tritt nur auf dem frischen Fleische Zerfall ein, dagegen verzeichnet er bei dem gekochten Fleische nur braunen, resp. speckigen Belag. Das läfst wohl vermuten, dafs das gekochte Fleisch vor der Beimpfung mit den Proteï steril war, das frische Fleisch dagegen andere Fäulniskeime enthalten habe. Ist es doch hinlänglich bekannt, dafs es zu den schwierigsten Aufgaben gehört, bei denen man nie seines Erfolges sicher sein kann, Tieren, auch frisch getöteten, Organe oder Gewebe steril zu entnehmen.

Kuhn war es ferner aufgefallen, dafs Faulgemische aerob keinen so intensiven Gestank verbreiteten wie anaerob; er impfte also »steriles Hasenfleisch« mit Proteus und fand wieder, dafs die aerob gehaltene Probe nicht übelriechend war. Es kann dies jedoch nach seiner Meinung nicht an anaeroben Bakterien liegen, da er doch ein steriles Substrat und eine Proteusreinkultur verwendet, sondern der Sauerstoff der Luft führe durch eine chemische Einwirkung auf die Gase zu einer Milderung des Geruches. Es liegt wohl nach dem Gesagten weit näher, anzunehmen, dafs der Gestank in aerobem Fleisch ausblieb, weil dort die vorhandenen Anaerobier nicht gedeihen können. Übrigens gibt Kuhn zu, dafs es auch zweifellose Anaerobier gebe, welche typische Fäulnis erzeugen, nur spreche sein erwähnter Versuch dafür, »dafs zum Zustandekommen von heftigstem Gestank Anaerobe nicht nötig seien.« Eine Auffassung, die wir gerne

teilen, weil für uns Fäulnis und Gestank bei weitem nicht identische Begriffe sind, sonst müfsten alle Schwefelwasserstoffbildner — und deren Zahl ist keine geringe — Fäulniskeime sein.

Bemerkenswert und nicht zugunsten der Protei deutbar ist die Beobachtung Kuhns, dafs meist nach 30—50 Tagen die Protei aus den Gemischen verschwunden waren, ohne dafs nach dem Aussehen des Fleisches die Nährstoffe aufgezehrt sein konnten. »Es blieb dann nur der eine oder andere, keine Fäulnis erzeugende Pilz (in seinen Versuchen immer Sporen bildend) zurück, oder es wurden überhaupt keine Pilze mehr aus dem Gemische erhalten. (Auch in Anaerobkulturen?) Es möge hier die Beobachtung von Klein angeschlossen werden, der an Leichen das rasche Verschwinden von Proteus und Bact. coli aus den Bauchorganen (Leber, Milz) wahrnahm und schliefst, dafs diese beiden Mikroben kaum eine nambafte Rolle bei der Zersetzung dieser Organe spielen können — er reserviert ihnen aber die Schleimhäute.

Am frühesten fanden Pasteurs Lehren in die Landwirtschaft Eingang, wo es darauf ankommt, Nährstoffe für die Pflanzen aus den sich zersetzenden organischen Stoffen möglichst reichlich zu gewinnen. Einer der ersten und eifrigsten Verfechter der Lehre von der anaeroben Fäulnis war Ewald Wollny. Da bei der Aerobiose die organische Substanz aufgelöst wird und die mineralischen Bestandteile in einer dem Pflanzenwuchse zusagenden Form aufgeschlossen werden, während sich bei der Fäulnis die organischen Stoffe anhäufen und die mineralischen Bestandteile von ihnen umschlossen und unzugänglich werden, legt er das Hauptgewicht darauf, dafs ausgiebigste Verwesung der organischen Substanzen eintrete und studiert besonders die äufseren Bedingungen der Fäulnisverhinderung.

Die ersten anaeroben Bakterien, von denen nachgewiesen wurde, dafs sie Fäulnis bedingen, waren 1. der Bazillus des Rauschbrands, der Bacillus liquefaciens magnus und Bacillus spinosus Lüderitz. Als Produkte ihrer Tätigkeit auf Serumeiweifs stellte 1889 v. Neucki fest: Fettsäuren, Phenylpropionsäure, Hydroparacumarsäure, Skatolessigsäure. Als gas-

förmige Produkte ergaben die Untersuchungen desselben Autors mit Sieber: Wasserstoff, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Methylmercaptan ($CH_3 \cdot SH$), ein nach faulem Kohl riechendes Gas, kein Methan. Bezüglich des Rauschbrandbazillus wurde von Bovet bei Verwendung von Eiweifs resp. Eigelb gefunden, dafs 81—86% der Gase aus Kohlensäure bestehen, der Rest ist Wasserstoff mit Spuren von Schwefelwasserstoff, Methan und Methylmercaptan.

2. Kerry untersuchte ebenfalls 1889 die durch Bacillus oedem. maligni bedingte Eiweifsfäulnis und fand: Fettsäuren, Leucin, Hydroparacumarsäure und ein übelriechendes Öl ($C_8 H_{16} O_4$); von Gasen: Kohlensäure, Wasserstoff, anfangs auch Methan.

Die nächste Arbeit auf diesem Gebiete und wohl eine der verdienstvollsten ist die von Bienstock (1898). Er hatte selbst schon im Jahre 1884 einen aeroben Bazillus beschrieben, welcher Köpfchensporen bildete und Fibrin unter Bildung der charakteristischen Spaltungsprodukte zersetzte und diese selbst wieder in einfachere Verbindungen überführte. Dieser aerobe, aus dem Darme stammende Bacillus putrificus coli war von anderen Forschern nicht wieder gefunden worden, was den Autor veranlafste, die Versuche neuerdings aufzunehmen und eine grofse Reihe von Stoffen, von denen man erwarten konnte, dafs sie Fäulniskeime enthalten, wie Dünger, Strafsenkot, Fäces auf Fibrin zu impfen. Dort, wo das Fibrin zerfallen war, fand er regelmäfsig schlanke Bazillen, die Trommelschlegelsporen bildeten, und es gelang ihm nach zahlreichen und mühsamen Versuchen, diesen Bazillus, welcher eine enorme Widerstandsfähigkeit der Sporen gegen Hitze zeigt — er verträgt 80° durch 2 Stunden oder 3 Minuten langes Sieden, ohne Schaden zu nehmen — rein zu züchten und Fibrin durch ihn zur Auflösung zu bringen.

Diesen neuen Bacillus putrificus hält er für identisch mit dem von ihm 1884 beschriebenen Bacillus putrificus coli, nur erwies sich der Bacillus diesmal als Anaerobier. Seinen damaligen Irrtum erklärt Bienstock durch die damals noch mangelhafte Technik: »Es ist klar, dafs ich damals denselben Mikroben in der Hand hatte wie bei meinen jetzigen Fäulnisunter-

suchungen; aber es ist mir heute ebenso klar, dafs ich ihn nicht in Reinkultur, sondern in Mischkultur mit einem anderen aeroben und zwar indolbildenden Pilz hatte. Wenn ich aus meinem ... Fibrinjauche enthaltenden Gläschen auf Agar abimpfe, so gibt es natürlich Oberflächenwachstum, das stets Keime des Bacillus putrificus enthält, die sich unter der aeroben Bakteriendecke nicht nur miterhalten, sondern, in das Agar eindringend, sich auch weiter entwickeln. Diese Mischkultur, anscheinend aerob, läfst sich in vielen Generationen weiterzüchten und erregt, auf Fibrin verimpft, prompt Fäulnis derselben.«

Wir kennen heute übrigens die merkwürdige, biologisch noch der Erklärung harrende Tatsache, dafs obligate Anaerobier in Gesellschaft von Aeroben bei Luftzutritt zu wachsen vermögen, nach der Trennung von diesen ihren Genossen diese Fähigkeit aber wieder verlieren.

Bienstock untersuchte 22 aerobe resp. fakultativ anaerobe Bakterienarten, welche bisher zur Fäulnis in Beziehung gebracht wurden; sie erwiesen sich gegen Fibrin als gänzlich wirkungslos; ebenso von Anaeroben der Bacillus tetani, pseudooedem-Liborius, enteritidis sporogenes. Dagegen fand er die Befunde von v. Nencki und Kerry bezüglich des Rauschbrands und des malignen Odems bestätigt, und von clostridium foetidum Liborius stellte er als erster die Fäulnisprodukte fest. (Liborius sagt von seinem Bazillus, dafs die produzierten Gase einen höchst widerlichen Geruch haben und flüchtige Fettsäuren, namentlich Buttersäure, jedenfalls die vorherrschenden Bestandteile seien.)

Mit den Bakterien der Proteusgruppe konnte er keine Zersetzung des Fibrins erzielen. Impfte er aber seinen Bacillus putrificus zusammen mit Proteus vulgaris auf Fibrin, dann erwies sich der letztere an der Umsetzung beteiligt. Es trat nämlich unter den Spaltungsprodukten Indol auf, welches mit Bacillus putrificus allein niemals beobachtet wurde. Proteus vulgaris und Zenkeri wurden auch von mir auf Fibrin in mit mineralischer Nährlösung beschickte Reagenzgläser verimpft. Mit keinem von beiden konnte man, weder aerob noch anaerob Zerfall des Fibrins erzeugen. Ich kann also diese Resul-

tate Bienstocks durchaus bestätigen. Was jedoch die Mitwirkung des Proteus vulgaris in Form der Indolbildung betrifft, so war diese zu prüfen kein Anlafs, weil der von mir gezüchtete Köpfchensporenbazillus an sich schon, wie wir sehen werden, ein kräftiger Indolbildner war. Immerhin dürfte es auffallen, dafs von den Indolbildnern der eine (Proteus vulgaris) ein Förderer der Fäulnis sein soll, während der andere (Bacterium coli) sie doch hemmt. Überhaupt scheint es, dafs das blofse Auftreten von Indol oder Schwefelwasserstoff kein sicheres Zeichen wahrer Fäulnis ist, sonst müfste eine Peptonlösung, in welcher Bacterium coli wächst, als faulend bezeichnet werden. Auch sahen wir Bacterium coli aus koaguliertem Eiereiweifs und Fibrin intensiv Indol bilden — ohne Gasbildung und sichtbare Destruktion.

Die Spaltungsprodukte des Bacillus putrificus waren nach Analysen von Wallach: I. Gase: Schwefelwasserstoff, Ammoniak. II. Pepton, Aminbasen, Valerian- und Buttersäure, Leucin, Paraoxyphenylpropionsäure, einmal Tyrosin, kein Indol. Clostridium foetidum Liborius lieferte: Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Pepton, Aminbasen, Fettsäuren, Leucin, Paraoxyphenylpropionsäure, aromatische Körper.

---

Die Rolle der Protei bei der Fäulnis ist vorläufig eine zweifelhafte; für Fibrin wurde erwiesen, dafs es durch Protei nicht faulig zersetzt werden kann. Alle bisher sichergestellten saprogenen Bakterien sind Anaerobier und zwar obligate. Von dieser, den Anschauungen Pasteurs entsprechenden Regel bilden auch die beiden, von mir neuerdings gezüchteten, keine Ausnahme.

Das geringe Ausmafs unserer Kenntnis der saprogenen Mikroben liefs neue Untersuchungen wünschenswert erscheinen. Die Schwierigkeit derartiger Versuche — bei der Verwesung fand Bail die Verhältnisse der Bakterienflora ebenfalls äufserst

kompliziert — machen es dem Beobachter zur Pflicht, die Fragestellung möglichst eng zu fassen, sollen seine Versuche nicht schon von vornherein den Keim der Erfolglosigkeit in sich tragen.

Es sollte also ein einfaches Substrat, nicht ein Gemenge von verschiedenen Eiweifskörpern und eiweifsartigen Substanzen gewählt werden, ich nahm Fibrin, schon weil es bei den physiologischen Versuchen verwendet wurde und um des Vergleiches mit Bienstocks Versuchen halber. Anderseits sollte nicht mit den Reinkulturen der wenigen bekannten Fäulnisbakterien gearbeitet, sondern der Versuch gemacht werden, ob man, von einem Falle natürlicher Fäulnis ausgehend, die bereits bekannten oder nicht etwa neue Bakterien erhalten und durch Reinzüchtung und Prüfung ihrer Wirkungsweise unser diesbezügliches Wissen einigermafsen verbreitern und vertiefen könne.

Als ein solcher Fall natürlicher Fäulnis mufste nach geläufigen Anschauungen in erster Reihe die Darmfäulnis imponieren.

Freilich war es mir bei zahlreichen Fäcesuntersuchungen aufgefallen, dafs die grofse Zahl im Kote erscheinender Fleischfasern, welche oft auch noch intakte Querstreifung zeigen, oder oder wenn diese durch Andauung verwischt ist, an Farbe und Form erkenntlich sind, mit dem Begriffe der Darmfäulnis im Widerspruche steht, und der Umfang der letzteren normal kein allzugrofser sein könne, zumal auch die Mengen der zur Ausscheidung gelangenden Zersetzungsprodukte, namentlich der aromatischen Körper, eine recht geringe ist. Indes war die Annahme möglich, dafs vielleicht die Ingesta zu kurze Zeit im Darme weilen, um dort energisch zu faulen.

Es wurde eine grofse Zahl von Eprouvetten in der Kuppe mit zersetzbaren Substraten und darüber mit mineralischer Nährlösung beschickt. Als Substrat diente: gekochtes Fleisch, koaguliertes Serum, gekochtes Hühnereiweifs, Fibrin, Pankreas, letzteres, weil es sehr leicht der Zersetzung zugänglich sein soll. Die mineralische Nährlösung hatte, wie in allen weiteren Versuchen, folgende Zusammensetzung: Dikaliumphosphat 1,0, Asparagin 1,0, Magnesiumsulfat 0,25 auf 1 l Wasser, bis zu schwach alkalischer

Reaktion mit Natronlauge versetzt (oder auch kohlensaurer Kalk zugesetzt). Die Röhrchen wurden durch 4 Stunden im strömenden Wasserdampf sterilisiert und nach dem Erkalten mit Fäcespartikeln von Gesunden und leicht Darmkranken infiziert, welche eine bekannte, mannigfach variierte Kost erhalten hatten, teils aerob, teils anaerob gehalten, indem die Flüssigkeitsschicht niedrig oder hoch gewählt, event. ein Abschlufs durch Paraffinöl hergestellt ward. Ein Teil der Röhrchen blieb bei Zimmertemperatur, der gröfsere kam in den Brutschrank.

Der Effekt blieb noch hinter den Erwartungen weit zurück; es trat Häutchenbildung, hie und da ein leicht fäcaler Geruch auf, es löste sich mitunter das Serum allmählich auf, wie unter dem Einflusse der Staphylokokken, aber von einem wirklichen, fauligen Zerfall des Substrates war nirgends etwas zu sehen, obwohl die Röhrchen viele Monate lang bebrütet wurden.

Bei der mikroskopischen Untersuchung der Fäces konnte man fast immer einige wenige Köpfchensporenbazillen vorfinden; auch von Klein wurden sie in geringer Zahl im Darminhalt gefunden. Nothnagel und v. Jaksch heben das Vorkommen von Clostridien hervor, aber alle betonen die Spärlichkeit des Befundes. Ob alle diese Mikrobien obligate Anaerobier und Fäulniserreger sind, wissen wir nicht. Festgestellt ist nur, dafs morphologisch ähnliche Pilze bei der Leichenfäulnis tätig sind und dafs sie wahrscheinlich aus dem Darme in die Organe einwandern. Es ist daher zu vermuten, dafs sie im Darme neben den vielen fakultativ anaeroben Keimen nicht gut fortkommen (ebenso in unseren Versuchen mit den Fäces), dafs sie daher nach dem Tode in die Organe auswandern, günstigere Ernährungsverhältnisse finden und dort über die mitausgewanderten anderen Bakterien Herr werden. So beobachtete Klein bei seinen Untersuchungen an Leichen das rasche postmortale Verschwinden des Bact. coli und das Überwuchern eines Köpfchensporenbazillus. Bei einem unserer Versuche, in welchem von drei Leichen bei der Sektion entnommene Muskelstückchen in mineralischer Nährlösung durch 15 Minuten auf 70° erwärmt und hierauf anaerob

in den Thermostaten gebracht wurden, wuchsen noch keine der sporentragenden Fäulnisbakterien; es scheint also die Einwanderung dieser bis in die Muskeln einige Tage zu dauern, denn Klein konnte seinen Bacillus cadaveris sporogenes mit Leichtigkeit in Reinkulturen erhalten, wenn er von Leichen, welche 2—4 Wochen beerdigt waren, einen Tropfen der Aufschwemmung des Peritoneums oder der Milz in hohe Zuckergelatine oder Milch eingetragen und durch 10—15 Minuten auf 80° erwärmt und anaerob weiter gezüchtet hatte. Er bezeichnet ihn als den Haupterreger der anaeroben Leichenverwesung, was freilich eine contradictio in adjecto ist.

Übrigens wäre bezüglich der Köpfchensporenträger noch hervorzuheben, dafs solche Bazillen von Omelianski bei der Zellulosegärung gefunden wurden, und es möglich wäre, dafs auch im Darme solche vorkommen. Die bisherigen Analysen von Fäulnisgasen, die nachfolgenden eingeschlossen, stimmen darin überein, dafs meist — soweit darauf untersucht wurde — Methan teils gar nicht, teils nur in Spuren gefunden wurde, während in den Darmgasen der Methangehalt nur bei Milchkost ein geringer, sonst sehr hoch ist und sonach die Darmgase des Erwachsenen hauptsächlich von der Zersetzung der Zellulose herrühren könnten.

Nachdem so die Überzeugung gewonnen war, dafs man mit der Impfung von Stuhlproben nicht weiter komme — ähnlich scheint es Bienstock ergangen zu sein, der aber einen spezifischen Antagonismus der Colibazillen annimmt — wurde folgendes, einfache Verfahren angewandt, welches rasch zum Ziele führte:

Frisches, mit sterilisiertem Wasser mehrmals abgewaschenes Rindfleisch wurde in der Maschine zerschnitten und dann in eine Glasflasche mit breitem Halse festgestopft, so dafs etwa $^2/_3$ der Flasche gefüllt waren; dann wurde noch sterile Sodalösung aufgegossen, bis das Fleisch einige Zentimeter hoch bedeckt war, verschlossen und in den Brutschrank gestellt. Es trat zunächst Rotfärbung von Hämoglobin auf, nach 48 Stunden war erhebliche Gasbildung zu konstatieren und Schaum an der Oberfläche der

Flüssigkeit; die Flasche verbreitete widrigen Fettsäuregeruch. Mikroskopisch: Mannigfache Bakterien, Kokken, einige Sporen. Die Gasbildung nahm dann noch etwas zu, hielt sich aber in mäfsigen Grenzen, ein Herausdrängen des Pfropfens erfolgte nicht. Nach einigen Tagen liefs der Gestank nach, die Gasbildung sistierte, die Fäulnis war beendet unter Zurückbleiben ungemein reichlicher brauner und grauweifser Reste. Hernach wurde die Sodalösung abgegossen und erneuert, es blieb aber alle weitere Gasbildung und Fäulnis definitiv aus. Die Flüssigkeit bei beendeter Fäulnis enthielt Sporenhaufen, zerfallende Bazillen mit anhaftenden Trommelschlegel- oder Köpfchensporen und ebensolche Fäden neben anderen Bakterien. Fibrinproben, in mineralischer Nährlösung in Kolben damit beimpft, wurden unter Gasbildung, Gestank und Schwärzung zersetzt. Dann hörte Gasbildung und Gestank auf, es etablierte sich ein nicht unangenehmer Leimgeruch und die Flüssigkeit klärte sich und war leicht weingelb geworden.

Jetzt galt es, den Köpfchensporenbazillus zu isolieren. Es war zu vermuten, es liege der Bacillus putrificus vor; es war wohl schon aufgefallen, dafs unser Bazillus meist länger war als der putrificus, dafs er variable Länge und gekrümmte Formen zeigte, indes legte ich dem zunächst kein grofses Gewicht bei. Da der Bienstocksche Bazillus eine zweistündige Erwärmung auf 80° verträgt, mufste es ein Leichtes sein, ihn von allen anderen zu trennen, wohl auch von dem Besitzer jener ovalen Sporenhäufchen, welche im mikroskopischen Bilde aufgefallen waren.

Als nun Proben der Faulflüssigkeiten nach zweistündiger Erwärmung auf 80° zu aeroben und anaeroben Kulturen verarbeitet wurden, zeigte sich nirgends ein Wachstum, ebenso erging es bei einstündiger Erhitzung auf 80° und es drängte sich die Überzeugung auf, dafs sich dieser Bazillus mit dem Bacillus putrificus an Resistenz gegen Hitze bei weitem nicht messen könne. Die ersten Kolonien (von Anaeroben) bekam man zu Gesichte, als die durch ½ Stunde auf 80° erwärmte Faulflüssigkeit verarbeitet wurde; in einigen Röhrchen mit hoch-

geschichtetem Agar sah man bei 37° nach 2—3 Tagen punktförmige Kolonien auftreten; wo sie nicht zu dicht beisammen lagen, nahmen sie allmählich bis zur Gröfse von 2 mm zu und zeigten ein moosartiges oder annähernd sternförmiges Wachstum, die Zacken liefsen unter dem Mikroskop keine feineren Ausstrahlungen erkennen. Die Kolonien kamen der Oberfläche des Agar nicht näher als bis auf 4—5 mm. Mikroskopisch fand sich aber nicht etwa der erwartete Köpfchensporenbazillus, sondern ein kurzes, plumperes Stäbchen, das sich durch die unter bauchiger Anschwellung des zentralen Teiles erfolgende Sporulation als ein Clostridium ergab. Bei weiteren, sehr zahlreichen Versuchen fiel zweimal eine tiefe, wolkige Kolonie auf, die aber von den sie umgebenden moosartigen nicht zu isolieren war. Offenbar waren einzelne Sporen des diese wolkigen Kolonien bildenden Bazillus besonders resistent gewesen. Es blieb also nur die Erwärmung durch kürzere Zeit übrig und da traten (80°—¼ Stunde) neben den Clostridium-Kolonien solche von exquisit anaerobem Wachstum auf, auch noch einzelne besonders resistente Fakultative, aber es gelang doch bei entsprechenden Verdünnungen abimpfbare Kolonien zu erhalten und auch den zweiten Bazillus, welcher Köpfchensporen bildet, rein zu züchten.

Beide Bazillen — Clostridium foetidum carnis und Bacillus saprogenes carnis — sind strenge Anaerobier, der Bazillus ist aber sogar als aerophob zu bezeichnen. Das Clostridium wächst zwar nie an der Oberfläche, kommt ihr aber in der Stichkultur recht nahe. Ich konnte auch beobachten, dafs in Röhrchen mit viel Bouillon, die aerob gehalten wurden, Clostridiumreinkultur am Boden wuchs und den unteren Teil der Bouillon trübte, während die obere Hälfte klar blieb. Der Bazillus zeigte niemals derartiges Verhalten.

Da es sich bei diesen Versuchen um Anlegen vieler Anaerobkulturen neben Aeroben und öfteres Nachsehen handelte, erschienen alle üblichen Methoden der anaeroben Züchtung, abgesehen von den vielen Zufällen, denen man bei ihrer Anwendung ausgesetzt ist, zu umständlich. Seinerzeit hatte ich mich bei

Züchtung von malignem Oedem der von Stan. Epstein in unserem Institut angegebenen Ringe mit Wasserstoffdurchleitung bedient, hier wäre auch dies Verfahren, da jede Platte gesondert armiert, mit Wasserstoff versehen und paraffiniert werden mufs, zu weitläufig gewesen. Ich griff daher zu einem der ältesten und einfachsten Verfahren, zu den Verdünnungen im hochgeschichteten Agar nach Hesse-Liborius. Der Agar wurde ausgekocht, bis alle Luft entfernt war, auf 55° abgekühlt und beimpft, hierauf einige Verdünnung angelegt und das Impfmaterial gut durch Heben, Senken und Drehen des Agarröhrchens verteilt. Man erreicht bald eine solche Fertigkeit, dafs man fast sicher ist, in der dritten Verdünnung wenige isolierbare Kolonien zu finden. Zum Isolieren wurden die Reagenzgläschen unter entsprechenden Kautelen zerschlagen, oder wenn es sich um zentrale Kolonien handelt, der Agar durch peripheres Erhitzen abgelöst, in eine sterile Schale ausgeschüttet und zerschnitten. Selbstverständlich nimmt man nur jene Gläschen zur Isolierung, bei denen man sich mit der Lupe überzeugt hat, dafs keine andersartigen Kolonien in nächster Nähe der zu isolierenden liegen. Die Kolonien können auch mit schwachen Vergröfserungen mikroskopiert werden. Bei der Kultur des malignen Oedems und auch der beiden hier zu beschreibenden Bakterien fiel die Kurzlebigkeit der Stichkulturen auf, die oft nach 14 Tagen nicht mehr überimpfbar sind. Lüderitz führt diesen Umstand auf das allmähliche Eindringen von Luft zurück; es wird zweckmäfsig sein, den Kulturen, welche zu späteren Abimpfungen aufgehoben werden sollen, einen den Zutritt der Luft verhindernden Abschlufs zu geben, etwa durch Aufgiefsen von Paraffinöl; aufserdem überimpfe man lieber öfter.

Ist der Agar nicht zu lange gekocht (zu vollständigem Auskochen bedarf es 1 Stunde), so sieht man, dafs manche Anaerobier toleranter sind und recht nahe der Oberfläche wachsen, dagegen andere, die besser als »aerophobe Anaerobier« bezeichnet würden, sich bis auf den Grund des Reagenzglases zurückziehen.

## I. Bacillus saprogenes carnis.

(Tafel I, Fig. 4 u. 5.)

Er zeigt eine grofse Variabilität des Längendurchmessers von 1,5 bis ca. 8 $\mu$, ist sehr oft leicht gekrümmt, bildet gern Fäden und Ketten; der schlanke Bazillus bildet endständige Sporen auf allen Nährböden, besonders bei 37°, doch auch in Gelatine bei Zimmertemperatur. Besonders reichlich ist die Sporenbildung in Bouillon und in der Faulflüssigkeit gegen Ende der Fäulnis, dann in Milch. Die Spore ist zunächst massiv, trommelschlegelförmig, dann zeigt sie alle Übergänge zur Köpfchenspore, oft mit noch anhaftenden Protoplasmafetzen, sie ist stark lichtbrechend. In Fäden liegen die (meist einzelnen oder) spärlichen Sporen entsprechend angereiht. Die leicht ovale Spore hängt schliefslich nur durch ein blasses Band, das sich schlecht färben läfst, mit dem Stäbchen zusammen, bis sie sich ganz ablöst.

Der Bazillus ist lebhaft beweglich, die Bewegung geradlinig oder wackelnd. Er färbt sich gut mit gewöhnlichen Farbstoffen, auch nach Gram. Kolonien mit hochgeschichtetem Agar wolkig, bräunlich, queroval oder rundlich, bis 4 mm breit, mit dichterem Zentrum, feiner Ausstrahlung von Fäden in der Peripherie. Aerophobes Wachstum der Kolonien, nur im untersten Drittel des Agar; verwendet man dunkleren Agar, dann hellt sich dies untere Drittel auf und kontrastiert so mit der übrigen Schicht. Im hohen Agarstich wächst er in Form eines breiten, längs der Ränder gewellten oder gefransten Bandes bis 3—5 mm von der Oberfläche; dabei tritt, besonders in Traubenzuckeragar Gasbildung auf, in letzterem oft so mächtig, dafs der ganze Nährboden in von Gasblasen durchsetzte Scheiben zerrissen wird, welche hoch hinauf getrieben werden. Im Gelatinestich wächst er meist im untersten Viertel raupenförmig mit einem stark hervortretenden Zentralfaden, der bei der sehr langsam (oft erst nach 8—10 Tagen) beginnenden Verflüssigung noch lange zu sehen ist, wenn die Verflüssigung die Wand der Eprouvette erreicht hat. Noch langsamer und nicht weitgehend ist das Fortschreiten der Verflüssigung nach oben. In hoher Gelatine wenig charakteristische, wolkige Kolonien. Alle Kulturen

zeigen penetrierenden Gestank. In Milch wächst er lebhaft, die Milch wird allmählich wäfsrig, die Rahmschicht klebt oben an den Wänden der Eprouvette, das Kaseingerinnsel liegt am Boden, die Kultur riecht intensiv nach Buttersäure, reagiert sauer.

In Bouillon langsames Wachstum, nach 24 Stunden noch keine Trübung, dann allmähliche Trübung der Bouillon, mit Bodensatzbildung. Der Bazillus ist für Mäuse und Meerschweinchen avirulent.

In der Faulflüssigkeit zu Ende der Fäulnis reichliche Sporenbildung und Zerfall der Stäbchen und Fäden; Zusatz der sterilisierten, ausgefaulten Flüssigkeit zu Nährböden verschlechtert dieselben für den Bazillus wohl durch schädigende Stoffe, jedenfalls ist ihr kein Nährwert mehr für den Bazillus eigen.

Der Bacillus saprogenes bildet mit einer Anzahl anderer, obligat anaerober Bazillen, welche Köpfchen- resp. Trommelschlegelsporen haben, und zur Fäulnis teils sicher, teils infolge ihrer Provenienz vermutlich in Beziehung stehen, eine Gruppe offenbar naher Verwandter. Es sind dies: Bacillus spinosus Lüderitz, Bacillus cadaveris sporogenes Klein, Bacillus putrificus coli Bienstock und vielleicht noch der von Tavel aus Abszessen bei Appendicitis gezüchtete, aber nur kurz beschriebene, auf Gelatine nicht wachsende Bacillus pseudotetanicus, welcher nicht auf die saprogene Fähigkeit untersucht wurde.

Bacillus tetani ist erwiesenermafsen kein Fäulniserreger, ist virulent, und seine Spore rund. Köpfchensporenbazillen aus Fleischinfus hat auch Sanfelice beschrieben, aber nicht auf Eiweifsfäulnis untersucht.

Die erstgenannten Bazillen zeigen insgesamt erhebliche Unterschiede von dem Bacillus saprogenes:

Der Bacillus spinosus, von Lüderitz in der Art erhalten, dafs er Mäuse oder Meerschweinchen mit Gartenerde impfte und dann die Bazillen aus dem subkutanen Gewebe mit anderen herauszüchtete (Klein meint, sie stammen aus dem Darme des Tieres und seien postmortal ausgewandert); seine Fähigkeit, Eiweifs zu zersetzen, ist 1889 durch Nencki und Sieber festgestellt.

Er ist der einzige unter den genannten Bazillen, der wie der Bacillus saprogenes eine Länge von 1,5—8 $\mu$ (gewöhnlich 3—8 $\mu$) und neben geraden auch gekrümmte Formen zeigt. Auch die Art der Bewegung ist hier dieselbe wie bei meinem Bazillus: »purzelnd, wackelnd oder einfach geradlinig.« Ebenso »gibt die Stichkultur in Gelatine eine zierliche, etwa einer stacheligen Raupe gleichende Verflüssigung«. Dagegen fehlen ihm die Trommelschlegelformen der Köpfchenspore; die Sporen treten nur an den einzelnen Bazillen auf, nicht in den Fäden; ohne Zucker findet meist überhaupt kein Wachstum statt. Das Temperaturoptimum liegt bei 20°.

Am nächsten steht dem Bacillus saprogenes der Kleinsche Bacillus sporogenes in kultureller Hinsicht, er ist aber plumper, nicht so variabel in der Länge, im Mittel kürzer, zeigt keine gekrümmten Formen. Mein Bazillus verflüssigt auch die Gelatine langsamer und zeigt geringere Verästlung der Kolonien auf Agar, worauf ich aber kein so grofses Gewicht legen möchte. Auf seine saprogene Fähigkeit ist er leider nicht untersucht worden. Er wurde aus Leichen gezüchtet, in den Organen und Geweben reichlich vorgefunden.

Steifes zylindrisches Stäbchen, im Mittel 2—4 $\mu$ lang, von der Dicke der Oedembazillen; zeigt wackelnde Bewegung, wächst leicht zu Ketten und glatten, glänzenden Fäden aus. Bei Ketten und Fäden stehen die Sporen in einer Reihe, den Bazillen entsprechend. (Nach Klein ist die Trommelschlegelform das Material, in welchem und auf dessen Kosten sich die Spore bildet; die Endanschwellung ist nicht selbst Spore und sporenfrei, da sie das Erhitzen auf 80° nicht verträgt. Es ist aber wohl nichts Auffallendes, wenn die noch unausgereifte Spore, die »Sporenvorstufe« auch noch nicht die Resistenz der reifen Spore besitzt). Er ist nach Gram färbbar. Milchkultur ähnlich dem Saprogenes, Milch reagiert schwach alkalisch oder amphoter. Die Kolonien in Zuckergelatine körnig, mehr oder weniger verästelt.

Bacillus putrificus unterscheidet sich in folgenden Punkten vom Saprogenes: er ist nicht gekrümmt, 5—6 μ lang, ist mit einer enorm viel höheren Resistenz begabt (verträgt 80° durch 2 Stunden, Sieden durch 3 Minuten). »Die Stichkultur in alkalischer Traubenzuckergelatine zeigt bei hoher Zimmertemperatur nach 3—4 Tagen längs des Stiches, 3—4 mm unterhalb des Einstiches beginnend eine Anzahl stecknadelspitzgrofser, glitzernder Einzelkolonien.« In der oberen Hälfte der hohen Schicht bleiben die Kolonien in diesem Zustande, in der unteren Hälfte wandeln sie sich in trübe, flüssige Blasen um, die sich ausbreiten, konfluieren und von unten nach oben allmählich unter Gasbildung fast zur Gesamtverflüssigung der Gelatine führen. Agarkolonien nicht beschrieben. In Gelatine Sporen »selten oder gar nicht.« Bildet kein Indol.

Bezüglich kleinerer Differenzen in kultureller Hinsicht, z. B. Art und Schnelligkeit der Gelatineverflüssigung, mehr minder starke Verästelung der Kolonien darf man bei den Anaerobiern keinen allzustrengen Mafsstab anlegen, weil diese offenbar sehr zur Bildung von Varietäten neigen. So war es in einem Falle von malignem Oedem beim Menschen, den ich vor einigen Jahren beobachtete und dessen Kulturen im »Vereine Deutscher Ärzte« demonstriert wurden. Der Fall war auch deshalb interessant, weil er in Genesung ausging, schon klinisch diagnostiziert war und ohne Gasbildung einherging. Bei der Inzision einer den Vorderarm einnehmenden, auf den Oberarm übergreifenden Infiltration bei einem jungen Bergarbeiter fand man (Prim.-Ellbogen) keinen Eiter, kein Gas, nur eine tintenartige Flüssigkeit und ein grünliches, sulzig-infiltriertes Gewebe. Mit dem Gewebssafte injizierte Mäuse gehen an typischem malignen Oedem zugrunde. Die aus dem Tiere gezüchteten Kolonien auf Agarplatten rund, weifslich, zahnrädchenartig gezackt; im hohen Agarstich wächst der Bazillus mit breitem lappigen Besatz. Die Kulturen in Gelatine zeigen genau dasselbe Bild wie bei Penzo, nur viel später. Nach 6 Tagen sieht man eine wolkige, dreieckige Trübung in der Mitte des

Röhrchens, die Basis nach aufwärts, die abgerundete Spitze nach abwärts, am nächsten Tage ist der Konus höher geworden, verflüssigt, es schwimmen Flocken darin, leichte Gasbildung.

Also eine Reihe von kleinen Abweichungen vom normalen Typus bei spezifischer Virulenz.

## II. Clostridium foetidum carnis.

(Tafel I, Fig. 1, 2 u. 3.)

Der zweite der aus der Faulflüssigkeit gezüchteten Bazillen ist ein kurzes, 2—4 $\mu$ langes Stäbchen, meist einzeln, selten in kurzen Ketten. Bei der Sporulation entsteht entweder eine bauchige Anschwellung in der Mitte oder eine keulenförmige am Ende, wenn sich die Spore näher zum Pol entwickelt; letztere Form ist minder zahlreich und hat mitunter einige Ähnlichkeit mit Köpfchensporen. Es wurden aber nie in den Faulflüssigkeiten von Clostridium Köpfchen- oder gar Trommelschlegelsporen gefunden und man würde in solchem Falle eher an eine Verunreinigung denken, als der Annahme Bienstocks beitreten, dafs die Bakterien unter dem Einflusse ihrer saprogenen Funktion imstande sind, eine andere als die ihnen sonst eigentümliche Form der Sporenbildung anzunehmen. Die Sporen sind ungemein stark lichtbrechend und ihr Leuchten aus der Mitte der rasch dahineilenden Clostridien macht das Bild im hängenden Tropfen zu einem besonders schönen. Sie sind breiter als die sporenfreien Bazillen. Besonders lebhaft ist die Sporulation in der Faulflüssigkeit am Ende der Fäulnis und in Bouillon; im ersteren Falle liegen die länglichen, ovalen Sporen meist in Häufchen beisammen. Milch wird ohne auffallenden Geruch koaguliert.

Der Bazillus ist anaerob, aber nicht aerophob. Er kommt in bandartigem, glattrandig begrenzten (aufser es bilden sich im Stich Einzelkolonien) hohen Agarstich der Oberfläche nahe (bis auf wenige Millimeter); in Bouillon reichliches anaerobes Wachstum, mäfsiges auch am Boden eines mit Bouillon höher gefüllten Reagenzglases, wobei die obere Schicht klar bleibt. Rascheres Wachstum als beim Bacillus saprogenes. Die Kolonien im hochgeschichteten Agar sind moosartig oder sternförmig, ohne feinere

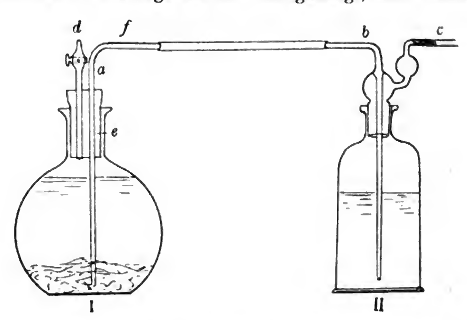
Ausstrahlungen von den Zacken. Im Gelatinestich gläserbürstenförmig mit nach allen Seiten ausstrahlenden Borstenbüscheln, die obere Hälfte des Stichkanals leer. Langsame Verflüssigung, wobei die Verflüssigungszone ziemlich hoch hinaufrückt. In hoher Gelatineschicht räderartige, radiär gestrichelte Kolonien. Intensive Gasbildung in Zuckeragar, geringe mitunter in gewöhnlichem Agar, keine in Zuckergelatine. Penetranter Mifsgeruch geht von allen Kulturen aus. Fibrinfäulnis weniger energisch als beim Bacillus saprogenes. Keine Virulenz für Mäuse und Meerschweinchen. Dieser Bazillus ist nahe verwandt mit dem Clostrid. foet. Liborius, nur fehlt ihm die von Liborius angegebene bedeutende Variabilität der Länge, die rasche Verflüssigung der Gelatine und die Gasbildung in Zuckergelatine. Die Fäulnisprodukte stimmen überein bis auf die geringe Indolbildung bei unserem Bazillus, die jenem fehlt. Eine Vergleichskultur konnte leider nicht erhalten werden, Ausgangsmaterial bei Liborius nicht näher angegeben.

Nachdem so die Bazillen rein gezüchtet waren, blieb noch übrig, ihre Zersetzungsprodukte festzustellen; es sollte jeder von beiden allein und auch beide in Symbiose, wie sie im Ausgangsmaterial bestanden hatte, geprüft werden. Es schien besonders wünschenswert, das gebildete Gas genauer zu analysieren, weil man hoffen konnte, auf diesem Wege einen besseren Einblick in die Art der Zersetzung zu erhalten, als aus der — nach den vorliegenden Analysen wenig Abwechslung bietenden — Analyse der Flüssigkeit.

Kolben von $^1/_2$—1 l wurden mit mineralischer Nährlösung (Dikaliumphosphat 1, Asparagin 1, Magnesiumsulfat 0,25 auf 1 l Wasser, mit Natronlauge alkalisch gemacht) und 50—100 g Fibrin (Merck) beschickt und bis nahe zum Halse gefüllt.

Nebenstehende Zeichnung stellt den hierzu verwendeten Apparat vor, welchen Herr Prof. Bail seinerzeit für Gärungszwecke konstruiert hatte. Durch eine der beiden Öffnungen des Kautschukstöpsels (*e*) ist ein rechtwinklig gebogenes Rohr bis nahe zum Boden des Kolbens geführt; durch die zweite geht das mit Glashahn versehene Rohr (*d*) bis knapp zum unteren

Rande des Kautschukstöpsels. Der kürzere Schenkel (*f*) des Rohres steht durch einen 30 cm langen Schlauch mit dem kürzeren Schenkel (*b*) eines ebensolchen Rohres in Verbindung mit der Flasche II, welche noch ein kurzes Rohr (*c*) besitzt (beide Rohre können auch bei II mittels gewöhnlichem Kolben und doppelt durchbohrtem Kautschukstopfen adjustiert werden wie Rohr und Hahn bei I). II ist ebenfalls mit mineralischer Nährlösung zu zwei Dritteln gefüllt. Zum Sterilisieren wird der an einem Faden befestigte Hahn herausgehängt, samt dem Rohr




mit Watte umhüllt und der ganze Apparat ungetrennt durch 4 Stunden im strömenden Wasserdampf sterilisiert, dann erkalten gelassen, der Hahn, mit der Watte gefafst, eingesetzt, geöffnet. Jetzt wird von *c* aus Luft eingeblasen, die Flüssigkeit aus II nach I gedrängt und dort die Luft ausgetrieben, bis unter dem Stopfen (*e*) kein Luftbläschen mehr sichtbar ist und die Flüssigkeit oberhalb des Hahnes steht, der rasch geschlossen wird.

Einimpfen kann man entweder nach dem Sterilisieren durch das mit Hahn versehene Rohr in I oder durch rasches Lüften der Flasche II in diese vor dem Einblasen. Es empfiehlt sich, das Impfmaterial, in mineralischer Nährlösung verteilt, reichlicher zuzusetzen. Das Ganze kommt in den Thermostaten.

Es wurden nun mehrere derartige Apparate gleichzeitig beobachtet. Die Kolben, in welche Clostrid. foetid. allein oder

in Mischkultur mit Bacillus saprogenes geimpft war, zeigten schon nach 48 Stunden Gasbildung, der mit Bacillus saprogenes beimpfte erst nach 3 Tagen. Das entspricht auch den sonstigen Wachstumsverhältnissen beider. Während aber in den beiden ersten Kolben die Gasbildung eine mäfsige blieb (bei 50 g Fibrin ca. 200 ccm Gas) und bald sistierte, dauerte die Gasbildung des Bacillus saprogenes durch mehrere Tage stürmisch fort und erforderte mehrmalige Entnahme des Gases (in toto ca. 600 ccm Gas). Alle Apparate verbreiteten eine Zeitlang heftigen Gestank, besonders nach Schwefelwasserstoff; dabei wurde das durch das Sterilisieren gequollene, honiggelbe Fibrin allmählich schwarz, dann trat leimartiger Geruch ein, Klärung der Flüssigkeit, teerartiger Rückstand.

## Gasanalyse.

Zur Gasanalyse wurde das Rohr oberhalb des Hahns mit Wasser gefüllt, ebenso ein ganz kurzes Stückchen Kautschukschlauch, das dem Rohr (d) aufgesetzt war, dieses mittels Kapillarrohr mit der Gasbürette verbunden. Bestimmt wurden durch Absorption: Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Kohlensäure; der Wasserstoff durch Okklusion mit Palladium nach Hempel; der Gasrest wurde dann durch Explosionsversuch auf Methan geprüft. Die Zahlen sind auf 0° und 760 mm Hg reduziert.

**I. Gasbildung durch Bacillus saprogenes carnis.**

| Entnommen nach 6 Tagen ccm Gas | davon waren | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Schwefelwasserstoff | Ammoniak | Kohlensäure | H | Gasrest |
| 53,1 | 0,55 = 1% | 19,2 = **36,1%** | 8,1 = **15,2%** | 16,2 = **30,5%** | 9 ccm = ca. **17%** nicht explosibel |
| **II. Clostr. foet. carnis.** | | | | | |
| entnommen nach 6 Tagen 64 | 0,3 = **0,46%** | 5,5 = **8,6%** | 20,8 = **32,5%** | **0** | 37,4 ccm = 58%. |

Da es sich wiederholt ergab, dafs das Clostridium keinen Wasserstoff bildet, so geht daraus hervor, dafs jeder von beiden Bazillen in anderer Weise das Fibrin zersetzt, der eine, indem

er hauptsächlich Wasserstoff und Ammoniak, der andere, indem er vorwiegend Kohlensäure bildet. Der Bacillus saprogenes ist sonach ein weit energischerer Fäulnispilz, dem entspricht auch die dreimal gröſsere Gasmenge. Es war nun von Interesse zu beobachten, wie sich die Bazillen in Symbiose verhalten. Allein hier ergaben sich keine konstanten Resultate, indem einmal viel Wasserstoff, ein andermal keiner gebildet wurde, auch sonst die Zahlen variierten, bald nach der Seite des Clostridium, bald des Bazillus.

Im ganzen aber blieb der Eindruck, daſs in der Mischinfektion der Gesamterfolg der Fäulnis hinter der Wirksamkeit des kräftigeren Fäulniserregers allein weit zurückblieb.

Es war dies einer jener Fälle, von denen Hueppe sagt: »Bei der Fäulnis können sich verschiedenartige Mikroben an der Zersetzung desselben Materials beteiligen (Symbiose), oder die eine Art folgt auf die andere (Metabiose) und schlieſslich treten diejenigen, welche den Endprozessen angepasst sind, in einen Gegensatz zueinander.

## Chemische Analyse der Fäulnisprodukte.

### I. Fäulnis durch Bacillus saprogenes carnis.

Das Resultat der Analyse zu verschiedenen Zeiten (vor und nach Ablauf der Fäulnis) ist das gleiche.

Die alkalische Flüssigkeit wird ohne anzusäuern destilliert, das äuſserst übelriechende Destillat mit Salzsäure angesäuert, im Schütteltrichter mit Äther ausgeschüttelt, von der wässrigen Flüssigkeit getrennt, sodann mit dem gleichen Volumen Wasser und mit Natronlauge geschüttelt. Der Ätherextrakt wird abdestilliert [ein Teil mit Wasser destilliert, die ersten Tropfen aufgefangen, lösen sich in konzentrierter Salzsäure mit dunkelvioletter Farbe (Skatol)], das Destillat verdunsten gelassen, in Wasser gelöst, mit Schwefelsäure und einigen Tropfen Kaliumnitritlösung versetzt, schon in der Kälte, besonders aber bei Erwärmen schöne Nitrosoindolreaktion (Indol).

Die alkalische Lösung mit Salzsäure angesäuert, mit Natriumkarbonat bis zur neutralen Reaktion versetzt, vorsichtig mit Äther geschüttelt; der Ätherextrakt von der wäfsrigen Lösung getrennt, verdunstet, der Rückstand mit Wasser erhitzt, erkalten gelassen: mit Millons Reagens intensive Rotfärbung, mit Bromwasser grauweifser Niederschlag, mit Eisenchlorid schmutziggrünliche Verfärbung (Phenol, event. Kresol). Die mit Salzsäure angesäuerte wäfsrige (vom Äther getrennte) Lösung mit wenig Äther unter öfterem Lüften geschüttelt, Ätherextrakt abgetrennt, verdunstet, Geruch nach Buttersäure.

Der saure Destillationsrückstand wird eingedampft nach Alkalisieren mit Sodalösung und unter wiederholtem Zusatz derselben; nach Eindampfen zu Sirup mit mehrfachem Volum Alkohol gefällt, einige Stunden stehen gelassen, filtriert, Filtrat von Alkohol befreit, sein Rückstand in verdünnter Schwefelsäure gelöst, mit Chlorbaryumlösung ausgefällt, filtriert. Filtrat mit viel Salzsäure versetzt, mit Äther ausgeschüttelt. Die abgetrennte Ätherlösung auf dem Wasserbad eingedampft, das zurückbleibende Öl mit heifsem Wasser in einen Kolben gespritzt, ausgekocht, erkalten gelassen. Filtrat mit einigen Tropfen Salzsäure und verdünnter Eisenchloridlösung erwärmt, färbt sich schön hellkirschrot (Skatol-Karbonsäure); mit Millon Rotfärbung; Trübung und schwacher aber deutlicher Niederschlag mit Bromwasser (Oxysäuren). Ein Teil des seifenartigen Rückstandes nach Abdampfen des Alkohols wird mit Wasser aufgenommen, mit verdünnter Schwefelsäure im Überschufs versetzt und mit Äther extrahiert, Extrakt eingedampft und auskristallisieren gelassen; reichliche Leucinkugeln. Ein andrer Teil jenes Rückstandes mit ammonhaltigem Alkohol extrahiert, der Extrakt mit Schwefelsäure angesäuert, es kristallisieren lange Tyrosinnadelbüschel aus. Ammoniak in der ursprünglichen Flüssigkeit reichlich nachgewiesen.

Resultat: Indol, Skatol, Phenol, Buttersäure, Pepton, Skatolkarbonsäure, Oxysäuren, Ammoniak, Leucin, Tyrosin.

**II. Fäulnis von Fibrin durch Clostridium foetidum carnis.**

Resultat: Indol und Skatol in Spuren, fette Säuren, Pepton Skatolkarbonsäure, Oxysäuren, Leucin.

**III. Symbiotische Fäulnis.**

Resultat: Indol und Skatol in Spuren, fette Säuren, Pepton, Skatolkarbonsäure, Oxysäuren, Leucin.

Zu erwähnen ist noch, dafs die ausgefaulten Flüssigkeiten auf die Reinheit der Kultur geprüft wurden; ferner, dafs von den aus dem Fleische gezüchteten Aerobiern keiner Fibrin zersetzte.

Aus diesen Versuchen sind folgende Schlüsse zu ziehen:

1. Aus natürlicher, durch Herstellung günstiger Faktoren beschleunigter Fleischfäulnis wurden zwei Bazillen isoliert, und jeder rein gezüchtet, die beide obligate endospore Anaerobier sind; der eine bildet Köpfchensporen, Plectridium s. str. (Bacillus carnis saprogenes), der andere ist ein Clostridium (Clostridium carnis foetidum).
2. Jeder von beiden ist imstande für sich allein Fibrin unter Bildung charakteristischer Spaltungsprodukte in Fäulnis zu versetzen; nach Mafsgabe der gebildeten Gase greift jeder von ihnen an einer anderen Gruppe des Eiweifsmoleküls an. Der Bazillus saprogenes ist ein weit energischerer Fäulniserreger, er bildet viel mehr Gas und spaltet das Fibrin unter mächtiger Wasserstoff- und Ammoniakentwicklung; das Clostridium bildet als gasförmiges Hauptprodukt Kohlensäure. In der Symbiose ist die Art der Zersetzung wechselnd, meist aber bedeutet sie eine Hemmung des kräftigeren Fäulniserregers.

3. Methan wird nicht gebildet, der sich dem Geruchsinn aufdrängende Schwefelwasserstoff stellt nur einen geringfügigen Bruchteil der Gase vor.
4. Die beiden Bazillen bilden mit wenigen Verwandten, von denen sie aber deutliche Verschiedenheiten zeigen, zwei Gruppen von obligat anaeroben Bazillen, von denen teils erwiesen, teils zu vermuten ist, daſs sie Fäulnis erregen. Sie scheinen die gewöhnlichen Erreger der Leichen- und Kadaverfäulnis zu sein, kommen schon mit dem Körper in den Boden, können aber noch durch anaerobe Bodenbakterien vermehrt werden.
5. Die Fäces enthalten normalerweise keine gröſseren Mengen von fäulniserregenden, sporenbildenden Anaerobiern, die Vermehrung derselben erfolgt erst postmortal.
6. Keiner von unseren beiden Bazillen vermag von beliebigen Produkten der Fibrinfäulnis zu leben. Ihr Fortkommen in vegetativen Formen ist vielmehr am Ende des Fäulnisprozesses erschwert und es tritt daher lebhafte Sporenbildung ein.
7. Für die Proteusgruppe ist nicht erwiesen, daſs sie typische Eiweiſsfäulnis bedingt, dagegen ist sicher gestellt, daſs sie Fibrin nicht zur Fäulnis bringt.
8. Nach unseren bisherigen Kenntnissen müssen wir die Annahme Pasteurs, daſs die Fäulnis nur durch Anaerobier bedingt ist, für das Fibrin wenigstens und die typische Fäulnis nicht nur annehmen, sondern sogar dahin verstärken, daſs bisher nur **obligate** Anaerobier bekannt sind, welche mit Sicherheit Fibrin faulig zersetzen.

Tabelle I.

**Die bisher bekannten und die vermutlichen Fäulniserreger.**

| Name | Fäulnis geprüft von | Substrat | Produkte der Fäulnis | Provenienz |
|---|---|---|---|---|
| 1. Bacillus spinosus Lüderitz | Nencki Nencki u. Sieber 1889 | Serumeiweifs (käufliches) | Fettsäuren, Phenylpropionsäure, Hydroparacumarsäure, Skatolessigsäure, H, $H_2S$, $CO_2$, Methylmercaptan, kein Methan | Mit Gartenerde geimpfte Tiere (?) |
| 2. Bac. liquefac. magnus Lüderitz | Detto | Detto | Detto | dieselbe |
| 3. Bacillus des Rauschbrands | Detto Bovet | Detto Eiereiweifs | Detto 81—86% $CO_2$ | Reinkultur |
| 4. Bacillus ödem. maligni | Kerry 1889 | ? | Fettsäuren, Leucin, Hydroparacumarsäure, ein übelriechendes Öl ($C_8H_{16}O_4$) | Reinkultur |
| 5. Bacillus putrificus Bienstock | Bienstock und Wallach 1898 | Fibrin | Peptone, Aminbasen, Valerian- und Buttersäure, Leucin, Paraoxyphenylpropionsäure, $H_2S$, $NH_3$ | 1 Jahr faulender Muskel |
| 6. Clostrid. foetid. Liborius | Detto 1898 | Fibrin | Peptone, Aminbasen, arom. Körper, Fettsäuren, Leucin, Paraoxyphenylpropionsäure, $H_2S$, $CO_2$ | Reinkultur |
| 7. Bacillus saprogenes carnis | — | Fibrin | Indol, Skatol, Phenol, Buttersäure, Pepton, Skatolkarbonsäure, Oxysäuren, Ammonsalze, Leucin, Tyrosin, 30% H, 36% $NH_3$, $CO_2$, $H_2S$, kein Methan | Fleisch |
| 8. Clostrid. foetid. carnis | — | Fibrin | Indol, Skatol in Spuren, fette Säuren, Pepton, Leucin, Skatolkarbonsäure, Oxysäuren, 8—9% $NH_3$, 32% $CO_2$, kein H, kein Methan, $H_2S$ | Fleisch |
| 9. Bac. cadav. sporog. Klein | vermutet | — | nicht bekannt | Kadaver |

Tabelle II.

**Unterschiede der Köpfchensporenbazillen.**

| | Morph. | Sporen | Bewegung | Agar | Gelatine | Produkte |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Bacillus saprogenes | 1,5—8 μ lang, schlank, oft gekrümmt | Trommelschlegel u. Köpfchen. Vertragen 80° ¼ h | Wackelnd und gerade | Wolkige Kolonien mit mäfsiger peripherer Ausstrahlung. Im Stich bandförmig mit gewellt. Rand | Raupenförmig verflüssigt, kein Gas mit Zucker | Indol und Skatol |
| 2. Bacillus spinosus Lüderitz | Dasselbe | Nur Köpfchen — | Wie 1 | Nur gut mit Zucker | Wie 1 | Kein Indol |
| 3. Bacillus cadaveris sporogen. Klein | 2—4 μ steif, plumper | Wie 1 | Wackelnd | Wie 1 ? | Rasche Verflüssigung | ? |
| 4. Bacillus putrificus Bienstock | 5—6 μ nicht gekrümmt | Wie 1 80° 2 h | Wie 3 | ? Trüber, schlanker Kegel | Im Stichkanal glitzernde Kolonien, die sich in Blasen umwandeln Gas! | Kein Indol und Skatol |
| 5. Bacillus pseudotetanicus Tavel | Wächst nicht auf Gelatine | | | | | |

## Literatur.


1. Bail, O., Versuche über die Verwesung pflanzlicher Stoffe. Centralbl. f. Bakteriol., 1902 (II), S. 193 ff.
2. Bienstock, O., Über die Bakterien der Fäces. Zeitschr. f. klin. Med., 1884, Bd. 37.
3. Derselbe, Untersuchungen über die Ätiologie der Eiweifsfäulnis. Archiv f. Hygiene, Bd. 36, S. 336 ff.
4. Hauser, Über Fäulnisbakterien und deren Beziehungen zur Septikämie, Leipzig, 1885.

5. Hueppe, Handbuch der Hygiene, S. 90.
6. v. Jaksch, Klinische Diagnostik.
7. Kerry, Über die Zersetzung des Eiweifses durch die Bazillen des malignen Oedems. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch., 1889.
8. Klein, Ein Beitrag zur Bakteriologie der Leichenfäulnis. Centralbl. f. Bakteriol., Bd. XXV.
9. Kuhn, Morphologische Beiträge zur Leichenfäulnis. Archiv f. Hygiene, XIII, 1891.
10. Lehmann und Neumann, Bakteriologische Diagnostik.
11. Liborius, Beiträge zur Kenntnis des Sauerstoffbedürfnisses der Bakterien. Zeitschr. f. Hygiene, I, S. 115.
12. Lüderitz, Zur Kenntnis der anaeroben Bakterien. Zeitschr. f. Hyg., V.
13. v. Nencki, Über die Zersetzung des Eiweifses durch anaerobe Bakterien. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch., 1889, S. 397.
14. Nencki und Sieber, Zur Kenntnis der bei der Eiweifsgärung auftretenden Gase. Ebenda, S. 417.
15. Pasteur, Comptes rendus, 1863, S. 1189.
16. Tavel, Über den Pseudotetanusbazillus des Darmes. Centralbl. f. Bakt., Bd. XXIII, S. 538.
17. Wollny, Ewald, Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen. Heidelberg, 1897.

# Über Zusammensetzung und Preis von Fleischsorten und Wurstwaren.

Von

Dr. med. **Toyokichi Kita.**

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Leipzig.)

Zum Zwecke der Aufstellung einer sachgemäfsen Kostordnung in der städtischen Arbeitsanstalt zu Dresden wurde von A. Beythien[1]) eine gröfsere Anzahl Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung verschiedener Fleischsorten ausgeführt. Zur Beschaffung einwandfreier Unterlagen wurde von der Direktion der städtischen Arbeitsanstalt die täglich vom Fleischer eingelieferten Fleischmengen möglichst sorgfältig in Muskelfleisch, Fettgewebe und Knochen zerlegt und der prozentische Anteil jedes Bestandteiles ermittelt. Allwöchentlich wurde dann ein kompaktes Stück Fleisch im Gewichte von 1 Kilo an das Untersuchungsamt abgegeben, hier soweit möglich, in Fettgewebe und Muskelfleisch getrennt, beide Bestandteile dann in einer Fleischschneidemaschine sorgfältig zerkleinert und jede Probe für sich analysiert. Es wurde so die Zusammensetzung des Muskelfleisches und des Fettgewebes von Rindfleisch, frischem Schweinefleisch, geräuchertem Schweinefleisch und von Schöpsfleisch gesondert ermittelt und aus diesen Werten durch Berechnung gefunden, wie viel Stickstoffsubstanz, wie viel Fett und wie viel Nährwerteinheiten 1 Kilo frisches Fleisch enthält.

1) Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- u. Genufsmittel, 1901, S. 1.

Auf diese Weise konnte Beythien durch ein reiches Untersuchungsmaterial nicht nur die Zusammensetzung, sondern auch den Geldwert des Fleisches feststellen, und zwar wie dasselbe in grofsen Einkaufstücken und unter ständiger Kontrolle der Verwaltung von den Fleischern an die städtische Arbeitsanstalt für etwa 3—400 Insassen geliefert wird.

Die Ernährung der ärmeren Bevölkerung einer Stadt erfolgt in der Hauptsache durch Pflanzenkost, wobei Brot, Kartoffeln und Gemüse die Hauptrolle spielen. Animalische Nahrungsmittel, die bei einer solchen Ernährung besondere Vorteile durch die Möglichkeit der Zufuhr einer gröfseren Menge leicht verdaulichen tierischen Eiweifses und einer ergiebigen Fettzufuhr bieten, können von der ärmeren Bevölkerung naturgemäfs nur in kleineren Mengen gekauft werden. Bei dem Einkauf von Fleisch und Fleischwaren seitens der ärmeren Bevölkerung werden deshalb in der Regel nur ganz kleine Quantitäten vielfach nur im Gewichte von 1 Pfund oder $^1/_2$ Pfund Ware bezogen. Ein solcher Kleineinkauf im Fleischerladen hat gegenüber den grofsen Lieferungen an Anstalten eine Reihe von Nachteilen zur Folge, die sich besonders darin ausdrücken werden, dafs geringere Qualitäten und weniger vorteilhafte Mischungen von animalischem Eiweifs und Fett bei gröfserem Anteil von nicht efsbaren Sehnenstücken und Knochen abgegeben werden. Es erschien mir deshalb von Interesse, festzustellen, welche Mengen tierischen Eiweifses und Fett bei dem Kleineinkauf von den Fleischern tatsächlich geliefert werden.

Zu diesem Zwecke wurden in den verschiedenen Stadtgebieten von Leipzig und insbesondere in den Vororten, woselbst hauptsächlich die Arbeiterbevölkerung wohnt, in der ortsüblichen Weise durch zuverlässige Personen Fleisch, wie auch Fleischwaren in Mengen von etwa $^1/_2$ Pfund, gekauft und zur Untersuchung gebracht.

Da die Arbeit rein praktische Ziele verfolgte und deshalb sehr zahlreiche Einzelanalysen ausgeführt werden mufsten, war eine Vereinfachung des Untersuchungsverfahrens wünschenswert, welches jedoch erlaubte, dafs jedenfalls ein nur in engen Fehlergrenzen sich bewegendes Analysenresultat gefunden werden konnte.

Die in das Institut eingegangenen Fleischproben wurden sofort nach Feststellung ihres Gesamtgewichtes in der Weise behandelt, dafs der nicht efsbare, aus festem Sehnengewebe und Knochen bestehende Teil abgetrennt bzw. sorgfältig herausgeschnitten wurde und für sich zur Wägung kam. Der übrige, für die Ernährung allein in Betracht kommende efsbare Teil wurde mit allem Eiweifs und daran haftendem Fettgewebe durch eine kleine Fleischschneidemaschine getrieben und in eine homogene Masse verwandelt.

Wie ich in meiner Arbeit »Über die Fettbestimmung in Fleisch und Fleischwaren mittels des Gerberschen Azid-»Butyrometers«[1]) gezeigt habe, ist eine wenigstens 5—7malige Durcharbeitung des Fleisches notwendig, um bei Teilabwiegung von 2,5—5,0 g der Mischung eine völlig gleichmäfsig zusammengesetzte Masse zu erhalten. Von dem frischen Fleischbrei wurden dann sofort je nach dem äufserlich abschätzbaren Fettgehalte Quantitäten von 2,5 bzw. 5,0 g frischer Substanz genau abgewogen und der Fettgehalt der eingekauften Fleischprobe in Kontrollbestimmung nach dem von mir angegebenen Verfahren im Acid-Butyrometer bestimmt.

Eine weitere Teilprobe des frischen Fleischbreies im Gewichte von 50 g diente zur Bestimmung des Wassergehaltes, durch Trocknen bei 100° C bis zum konstanten Gewicht.

Von einer Bestimmung des Aschengehalts wurde abgesehen, da die Salzmenge des frischen Fleisches bekanntlich aufserordentlich gleichmäfsig ist, und sich auch bei gröfseren Schwankungen des Fettgehaltes nur in engen Grenzen von 0,8—1,2 % Asche bewegt.

Die Differenz des im frischen Fleische gefundenen Fettes von der Trockensubstanz ergibt somit den Eiweifsgehalt und den Aschegehalt des Fleisches, wobei letzterer stets einen sehr konstanten Wert von ca. 1 % Aschebestandteilen darstellt.

Die Vornahme einer eigenen Aschebestimmung würde sehr viel mehr Arbeit erfordert haben, ohne einen wesentlichen

1) Über die Fettbestimmung in Fleisch- und Wurstwaren mittels des Gerberschen Azid-Butyrometers. Archiv f. Hygiene, Bd. 51. 1904, S. 171.

Gewinn zur Beurteilung des Nährwertes des Fleisches an Eiweifssubstanzen gegeben zu haben.

Das von mir eingeschlagene vereinfachte Untersuchungsverfahren gewährte den Vorteil, eine sehr grofse Anzahl von Einzelanalysen auszuführen, und zwar in den genauen Grenzwerten, wie sie zur Feststellung und zur praktischen Beurteilung der Zusammensetzung des Fleisches und dessen Nährwert erforderlich ist.

## I. Rindfleisch.

Je nach den Körperteilen, ob Bruststück, Rippe oder Keule, bietet das Fleisch ungleiche Qualitäten, die sich auch mehr oder weniger im geforderten Preise ausdrücken:

In der nachstehenden Tabelle sind die Untersuchungsergebnisse des Rindfleisches getrennt nach dem Körperteil geschieden, wobei der Preis und die für ihn erhaltene Gesamtmenge des rohen Fleisches, sowie des in ihm vorhandenen nicht efsbaren und efsbaren Teiles angegeben ist.

Für den efsbaren Teil ist ferner die Prozentmenge der Trockensubstanz, die Menge von Eiweifs inkl. Salzen und Extraktivstoffen und die Menge Fett angegeben, wobei zur Erleichterung der Übersicht und für die praktische Beurteilung als vollkommen ausreichend die durch die Analyse gefundenen Bruchteile auf die vollen Prozentwerte abgerundet wurden.

Tabelle I.

**Zusammensetzung von Rindfleisch.**

| Fleisch lfd. Nr. | Fleischsorten | Preis pro 1/2 Pfd. Pf. | Gesamtgewicht g | unefsb. Teile absol. g | unefsb. Teile % | efsbare Teile absolut g | in 100 g frisch. efsb. Teile Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Brust | 35 | 250 | 34 | 14 | 216 | 37 | 17 | 20 |
| 2 | » | 35 | 253 | 69 | 27 | 184 | 55 | 25 | 30 |
| 3 | » | 30 | 255 | 45 | 18 | 210 | 50 | 23 | 27 |
| 4 | » | 35 | 262 | 69 | 26 | 193 | 52 | 23 | 29 |
| 5 | » | 35 | 264 | 21 | 8 | 243 | 60 | 24 | 36 |
| 6 | » | 35 | 286 | 31 | 11 | 255 | 50 | 26 | 24 |
| 7 | » | 35 | 292 | 34 | 12 | 258 | 45 | 21 | 23 |
| | Mittel | 34 | 266 | 43 | 16 | 228 | 50 | 23 | 27 |

| Fleisch lfd. Nr. | Fleisch-sorten | Preis pro 1/2 Pfd. Pf. | Gesamt-gewicht g | unefsb. Teile | | efsbare Teile absolut g | in 100 g frisch. efsb. Teile | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | absol. g | % | | Trocken-substanz g | Eiweifs u. Salze etc. g | Fett g |
| 1 | Rippe | 35 | 249 | 50 | 20 | 199 | 59 | 31 | 28 |
| 2 | » | 35 | 250 | 18 | 7 | 232 | 51 | 25 | 26 |
| 3 | » | 35 | 250 | 40 | 16 | 210 | 56 | 24 | 32 |
| 4 | » | 40 | 254 | 73 | 29 | 181 | 77 | 28 | 49 |
| 5 | » | 35 | 262 | 27 | 10 | 235 | 45 | — | — |
| 6 | » | 35 | 267 | 36 | 14 | 231 | 55 | 27 | 28 |
| 7 | » | 35 | 270 | 25 | 9 | 245 | 75 | 28 | 47 |
| 8 | » | 35 | 280 | 12 | 7 | 268 | 60 | 27 | 33 |
| 9 | » | 35 | 280 | 63 | 23 | 217 | 60 | 28 | 32 |
| 10 | » | 35 | 281 | 94 | 34 | 187 | 73 | 22 | 51 |
| 11 | » | 35 | 295 | 69 | 23 | 226 | 63 | 18 | 45 |
| 12 | » | 35 | 310 | 16 | 5 | 294 | 67 | 30 | 37 |
| | Mittel | 35 | 271 | 42 | 15 | 229 | 63 | 26 | 37 |
| 1 | Keule | 45 | 241 | 0 | 0 | 241 | 30 | 27 | 3 |
| 2 | » | 40 | 249 | 0 | 0 | 249 | 32 | 23 | 9 |
| 3 | » | 40 | 253 | 0 | 0 | 253 | 29 | 25 | 4 |
| 4 | » | 40 | 256 | 0 | 0 | 256 | 35 | 24 | 11 |
| 5 | » | 50 | 257 | 0 | 0 | 257 | 25 | 23 | 2 |
| 6 | » | 45 | 261 | 0 | 0 | 261 | 32 | 24 | 8 |
| 7 | » | 38 | 269 | 59 | 22 | 210 | 40 | 24 | 16 |
| 8 | » | 45 | 273 | 0 | 0 | 273 | 30 | 25 | 5 |
| 9 | » | 38 | 276 | 49 | 18 | 227 | 32 | 22 | 10 |
| 10 | » | 40 | 294 | 0 | 0 | 294 | 34 | 24 | 10 |
| 11 | » | 50 | 307 | 0 | 0 | 307 | 32 | 22 | 10 |
| | Mittel | 43 | 273 | 10 | 4 | 263 | 32 | 24 | 8 |
| 1 | Bug | 40 | 229 | 0 | 0 | 229 | 29 | 23 | 6 |
| 2 | » | 45 | 254 | 0 | 0 | 254 | 28 | 23 | 5 |
| 3 | » | 60 | 260 | 0 | 0 | 260 | 28 | 21 | 7 |
| 4 | » | 45 | 265 | 0 | 0 | 265 | 30 | 23 | 7 |
| 5 | » | 45 | 270 | 0 | 0 | 276 | 43 | 24 | 19 |
| | Mittel | 47 | 257 | 0 | 0 | 257 | 32 | 23 | 9 |
| 1 | Lende | 80 | 210 | 0 | 0 | 210 | 32 | 21 | 11 |
| 2 | » | 80 | 250 | 0 | 0 | 250 | 33 | 25 | 8 |
| 3 | » | 80 | 254 | 0 | 0 | 254 | 26 | 22 | 4 |
| 4 | » | 80 | 264 | 0 | 0 | 264 | 25 | 24 | 1 |
| 5 | » | 80 | 268 | 0 | 0 | 268 | 29 | 22 | 7 |
| | Mittel | 80 | 249 | 0 | 0 | 249 | 29 | 23 | 6 |

Die Tabelle lehrt, dafs die Fleischer bei Abgabe von Fleisch nur aufserordentlich selten eine untergewichtige Menge liefern, dafs sie vielmehr in der Regel ein höheres Gewicht abgeben als verlangt wird.

Diese günstigen Einkaufswerte ändern sich jedoch sofort, wenn man die Menge des nicht efsbaren Teiles berücksichtigt. In einzelnen Fällen beträgt die Menge des nicht efsbaren Teiles ein Viertel bis ein Drittel des gekauften Fleischstückes, so dafs der dem Käufer allein zugute kommende efsbare Teil auf einen geringen Wert heruntergedrückt wird.

Die Stücke des Brustteiles und der Rippen werden regelmäfsig von den Fleischern als Kochfleisch abgegeben und enthalten dann auch jederzeit anhängende Knochenstücke.

Beim Einkauf von Keule wurde regelmäfsig von den Fleischern gefragt, ob die verlangte kleine Portion Keule als Kochfleisch oder Bratfleisch dienen soll. Im letzteren Falle wurde das Fleischstück von den hiesigen Fleischern jederzeit ohne Knochen abgegeben, aber zu einem höheren Preise als bei Kochfleisch.

Im Rippenstück findet sich prozentisch regelmäfsig die gröfste Menge von Fettgewebe, wobei auch der Gehalt an Trockensubstanz, wie an Eiweifs inkl. Salzen und Extraktivstoffen am höchsten ist.

Die Keule wie auch die Lende gehören prozentisch zu den fettärmsten Teilen, ohne dafs hierbei die vorhandene Menge von Eiweifs gegenüber dem Brust- und Rippenstück erheblich vermehrt ist.

Die Frage, welche Fleischsorte den vorteilhaftesten Kauf bietet, läfst sich aus der vorstehenden Tabelle naturgemäfs nicht ersehen, da die wechselnden Preise und die schwankenden Gewichtsmengen einen zutreffenden und übersichtlichen Vergleich unmöglich machen.

Für den Käufer und insbesondere wenn er den ärmeren Bevölkerungskreisen angehört, ist aber die Entscheidung der Frage von Bedeutung, welche Menge Nährstoffe er für einen bestimmten Einheitspreis bekommt.

Ich habe deshalb in der folgenden Tabelle II eine Zusammenstellung darüber gemacht, welche Mengen Nährstoffe in Form des Gesamtstückes des eingekauften Rindfleisches wie auch als eſsbarer Teil mit der in ihm vorhandenen Trockensubstanz und Fettmenge für 1 Mark an den Konsumenten abgegeben wurden.

Tabelle II.

**Nährstoffmengen im Rindfleisch für 1 Mark.**

| Fleisch lfd. Nr. | Fleischsorten | Gesamtgewicht g | Uneſsbare Teile g | Eſsbare Teile frisch g | Eſsbare Teile Trockensubstanz g | Eſsbare Teile Eiweiſs m. Salze etc. g | Eſsbare Teile Fett g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Brust | 714 | 97 | 617 | 228 | 105 | 123 |
| 2 | » | 723 | 197 | 526 | 289 | 131 | 158 |
| 3 | » | 850 | 150 | 700 | 350 | 161 | 189 |
| 4 | » | 749 | 197 | 552 | 287 | 127 | 160 |
| 5 | » | 754 | 60 | 694 | 416 | 166 | 250 |
| 6 | » | 817 | 88 | 728 | 364 | 189 | 175 |
| 7 | » | 834 | 97 | 737 | 332 | 163 | 169 |
| | Mittel | 777 | 126 | 650 | 324 | 149 | 175 |
| 1 | Rippe | 711 | 143 | 568 | 335 | 176 | 159 |
| 2 | » | 714 | 52 | 663 | 338 | 166 | 172 |
| 3 | » | 714 | 114 | 600 | 336 | 144 | 192 |
| 4 | » | 635 | 182 | 452 | 348 | 127 | 221 |
| 5 | » | 748 | 77 | 671 | 302 | — | — |
| 6 | » | 763 | 103 | 660 | 363 | 178 | 185 |
| 7 | » | 771 | 71 | 700 | 525 | 196 | 329 |
| 8 | » | 800 | 34 | 765 | 459 | 207 | 252 |
| 9 | » | 800 | 180 | 620 | 372 | 174 | 198 |
| 10 | » | 803 | 268 | 534 | 390 | 118 | 272 |
| 11 | » | 843 | 197 | 646 | 407 | 116 | 291 |
| 12 | » | 886 | 46 | 840 | 563 | 252 | 311 |
| | Mittel | 766 | 122 | 643 | 395 | 180 | 215 |
| 1 | Keule | 535 | 0 | 535 | 160 | 144 | 16 |
| 2 | » | 622 | 0 | 622 | 199 | 139 | 60 |
| 3 | » | 632 | 0 | 632 | 183 | 158 | 25 |
| 4 | » | 640 | 0 | 640 | 224 | 154 | 70 |
| 5 | » | 514 | 0 | 514 | 128 | 118 | 10 |
| 6 | » | 580 | 0 | 580 | 186 | 140 | 46 |
| 7 | » | 708 | 155 | 553 | 221 | 133 | 88 |
| 8 | » | 607 | 0 | 607 | 182 | 152 | 30 |
| 9 | » | 726 | 129 | 597 | 191 | 131 | 60 |
| 10 | » | 735 | 0 | 735 | 250 | 177 | 73 |
| 11 | » | 614 | 0 | 614 | 196 | 135 | 61 |
| | Mittel | 628 | 26 | 605 | 193 | 144 | 49 |

| Fleisch lfd. Nr. | Fleisch-sorten | Gesamt-gewicht g | Unefs-bare Teile g | Efsbare Teile frisch g | Trocken-substanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Bug | 573 | 0 | 572 | 166 | 132 | 34 |
| 2 | » | 564 | 0 | 564 | 158 | 130 | 28 |
| 3 | » | 433 | 0 | 433 | 121 | 91 | 30 |
| 4 | » | 589 | 0 | 589 | 177 | 136 | 41 |
| 5 | » | 600 | 0 | 613 | 264 | 148 | 116 |
| | Mittel | 552 | 0 | 554 | 177 | 127 | 50 |
| 1 | Lende | 262 | 0 | 262 | 84 | 55 | 29 |
| 2 | » | 312 | 0 | 312 | 103 | 78 | 25 |
| 3 | » | 317 | 0 | 317 | 82 | 69 | 13 |
| 4 | » | 331 | 0 | 330 | 82 | 79 | 3 |
| 5 | » | 335 | 0 | 335 | 97 | 74 | 23 |
| | Mittel | 311 | 0 | 311 | 90 | 72 | 19 |

Die Tabelle lehrt also, dafs für denselben Einkaufspreis von 1 Mark aufserordentlich ungleiche Nährstoffmengen bezogen werden, sofern man den tatsächlich in Frage kommenden efsbaren Teil der Ware berücksichtigt. Die Schwankungen bewegen sich für die Gesamtmenge, wie für die einzelnen Nährstoffe des efsbaren Teiles, vielfach um mehr als das Doppelte, so dafs ein Käufer für 1 Mark beim Bruststück 213 g efsbare Trockensubstanz empfängt, während er ein anderes Mal für denselben Preis 451 g Trockensubstanz erhält.

Wie die Mittelwerte zeigen, ist es bei Einkauf von kleinen Portionen am vorteilhaftesten, Rippenstück zu nehmen, da in dieser Form nicht nur die gröfste Menge an Trockensubstanz im efsbaren Teil, sondern auch neben der reichlichen Menge von Eiweifs die gröfste Menge von Fett, welches gerade bei der Ernährung des Arbeiters eine grofse Bedeutung hat, erhalten wird.

## II. Schweinefleisch.

Bei der Feststellung des nicht efsbaren Teiles im Schweinefleische wurde aufser der Abtrennung von Knochen und derben Sehnen auch die äufsere, in einzelnen Fällen gelieferte Haut sorgfältig vom anhaftenden Fett befreit und als nicht efsbarer Teil in Rechnung gebracht.

Die vom Fleischer als Bratfleisch abgegebene Lende und Keule wurde beim Kleineinkauf stets ohne Knochen und ohne Haut, aber zu einem höheren Preise, geliefert.

. Tabelle III.

**Zusammensetzung von Schweinefleisch.**

| Fleisch lfd. Nr. | Fleischsorten | Preis pro 1/2 Pfd. Pf. | Gesamtgewicht g | Unefsb. Teile absol. g | Unefsb. Teile % | Efsbare Teile g | In 100 g frisch efsb. Teile Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Bauch | 30 | 260 | 37 | 14 | 223 | 71 | 21 | 50 |
| 2 | » | 40 | 265 | 21 | 8 | 244 | 66 | 19 | 47 |
| 3 | » | 35 | 267 | 33 | 12 | 233 | 70 | 18 | 52 |
| 4 | » | 30 | 282 | 64 | 24 | 218 | 74 | 14 | 60 |
| | Mittel | 34 | 268 | 38 | 15 | 230 | 70 | 18 | 52 |
| 1 | Rücken | 35 | 261 | 60 | 23 | 201 | 55 | 25 | 30 |
| 2 | » | 35 | 265 | 44 | 17 | 221 | 48 | 24 | 24 |
| 3 | » | 40 | 265 | 0 | 0 | 265 | 52 | 20 | 32 |
| 4 | » | 35 | 270 | 52 | 20 | 217 | 54 | 20 | 34 |
| 5 | » | 35 | 305 | 21 | 7 | 284 | 64 | 24 | 40 |
| 6 | » | 40 | 307 | 38 | 12 | 269 | 58 | 23 | 35 |
| | Mittel | 37 | 279 | 36 | 13 | 243 | 55 | 23 | 32 |
| 1 | Rippe | 30 | 262 | 47 | 18 | 215 | 68 | 15 | 53 |
| 2 | Kamm | 35 | 265 | 41 | 16 | 224 | 53 | 33 | 20 |
| 3 | » | 45 | 265 | 0 | 0 | 265 | 68 | 33 | 35 |
| 4 | » | 40 | 272 | 33 | 12 | 239 | 62 | 31 | 31 |
| 5 | Rippe | 45 | 330 | 62 | 19 | 268 | 45 | 24 | 21 |
| | Mittel | 39 | 279 | 37 | 13 | 242 | 59 | 27 | 32 |
| 1 | Keule | 45 | 240 | 0 | 0 | 240 | 36 | 23 | 13 |
| 2 | » | 45 | 241 | 0 | 0 | 241 | 48 | 24 | 24 |
| 3 | » | 50 | 255 | 0 | 0 | 255 | 47 | 24 | 23 |
| 4 | » | 45 | 260 | 0 | 0 | 260 | 49 | 37 | 12 |
| 5 | » | 60 | 265 | 0 | 0 | 265 | 30 | 22 | 8 |
| | Mittel | 49 | 255 | 0 | 0 | 255 | 42 | 26 | 16 |
| 1 | Lende | 50 | 240 | 0 | 0 | 240 | 46 | 24 | 22 |
| 2 | » | 45 | 253 | 0 | 0 | 253 | 35 | 25 | 10 |
| 3 | » | 50 | 256 | 0 | 0 | 256 | 39 | 26 | 13 |
| 4 | » | 45 | 278 | 0 | 0 | 278 | 61 | 25 | 36 |
| 5 | » | 50 | 279 | 0 | 0 | 279 | 36 | 18 | 18 |
| | Mittel | 48 | 261 | 0 | 0 | 261 | 44 | 24 | 20 |

Der Einkauf von Schweinefleisch ist, wie man aus vorstehender Tabelle erkennt, bereits aus dem Grunde vorteilhaft, weil die Menge des eſsbaren Teiles erheblich gröſser als bei Rindfleisch ist.

Das Fleisch der einzelnen Körperteile zeigt beim Schwein dieselben erheblichen Schwankungen in der prozentischen Zusammensetzung, wie dies bei Rindfleisch der Fall ist.

Die nachstehende Tabelle gibt die Nährstoffmengen an, welche bei Schweinefleisch für 1 Mark erhalten wurden.

Tabelle IV.

**Nährstoffmengen im Schweinefleisch für 1 Mark.**

| Fleisch lfd. Nr. | Fleischsorten | Gesamtgewicht g | Uneſsbare Teile g | Eſsbare Teile frisch g | Trockensubstanz g | Eiweiſs m. Salze etc. g | Fett g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Bauch | 867 | 123 | 743 | 527 | 156 | 371 |
| 2 | » | 662 | 52 | 610 | 403 | 116 | 287 |
| 3 | » | 763 | 94 | 666 | 466 | 120 | 346 |
| 4 | » | 940 | 213 | 726 | 537 | 101 | 436 |
| | Mittel | 808 | 120 | 686 | 483 | 123 | 360 |
| 1 | Rücken | 746 | 171 | 574 | 316 | 144 | 172 |
| 2 | » | 757 | 126 | 631 | 303 | 152 | 151 |
| 3 | » | 662 | — | 662 | 344 | 132 | 212 |
| 4 | » | 771 | 148 | 620 | 335 | 124 | 211 |
| 5 | » | 871 | 60 | 811 | 519 | 195 | 324 |
| 6 | » | 767 | 95 | 672 | 390 | 155 | 235 |
| | Mittel | 762 | 100 | 662 | 368 | 151 | 217 |
| 1 | Rippe | 873 | 156 | 717 | 487 | 107 | 380 |
| 2 | Kamm | 757 | 117 | 640 | 339 | 211 | 128 |
| 3 | Kamm | 589 | — | 589 | 400 | 194 | 206 |
| 4 | » | 680 | 82 | 597 | 370 | 185 | 185 |
| 5 | Rippe | 733 | 138 | 595 | 268 | 143 | 125 |
| | Mittel | 726 | 99 | 628 | 373 | 168 | 205 |
| 1 | Keule | 533 | 0 | 533 | 192 | 143 | 69 |
| 2 | » | 535 | 0 | 535 | 257 | 129 | 128 |
| 3 | » | 510 | 0 | 510 | 240 | 123 | 117 |
| 4 | » | 578 | 0 | 578 | 283 | 214 | 69 |
| 5 | » | 442 | 0 | 442 | 133 | 98 | 35 |
| | Mittel | 520 | 0 | 520 | 221 | 137 | 84 |

| Fleisch lfd. Nr. | Fleischsorten | Gesamtgewicht g | Unefsbare Teile g | Efsbare Teile frisch g | Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Lende | 480 | 0 | 480 | 221 | 115 | 106 |
| 2 | » | 562 | 0 | 562 | 197 | 141 | 56 |
| 3 | » | 512 | 0 | 512 | 200 | 134 | 66 |
| 4 | » | 618 | 0 | 618 | 377 | 155 | 222 |
| 5 | » | 558 | 0 | 558 | 201 | 101 | 100 |
| | Mittel | 546 | 0 | 546 | 239 | 129 | 110 |

Die Menge Nährstoffe, welche also für 1 Mark in Form von Schweinefleisch erhalten werden, zeigen nach den einzelnen Körperstellen des Tieres grofse Unterschiede. Die Eiweifsmenge mit Salzen und Extraktivstoffen bleibt ziemlich gleich; die grofsen Schwankungen ergeben sich vorwiegend durch den ungleich hohen Fettgehalt der Körperteile, bei welchen das Bauchfleisch nahezu 3 mal so fettreich ist als sein Eiweifsgehalt.

## III. Kalbfleisch.

Von Kalbfleisch wurden nur 10 Proben, abstammend von verschiedenen Körperteilen, untersucht. Es zeigte sich, wie die nachstehende Tabelle lehrt, dafs das Kalbfleisch sehr gleichmäfsig zusammengesetzt ist und als eine sehr fettarme Nahrung erscheint.

Tabelle V.

**Zusammensetzung von Kalbfleisch.**

| Fleisch lfd. Nr. | Fleischsorten | Preis pro ½ Pfd. Pf. | Gesamtgewicht g | Unefsb. Teile absol. g | Unefsb. Teile % | Efsbare Teile g | In 100 g frisch efsb. Teile Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Kamm | 35 | 240 | 63 | 26 | 177 | 27 | 22 | 5 |
| 2 | Keule | 70 | 240 | 0 | 0 | 240 | 26 | 26 | Spur |
| 3 | Kamm | 35 | 245 | 45 | 18 | 200 | 28 | 21 | 7 |
| 4 | Rücken | 35 | 245 | 39 | 16 | 206 | 25 | 24 | 1 |
| 5 | Lende | 60 | 255 | 0 | 0 | 255 | 26 | 23 | 3 |
| 6 | Keule | 60 | 255 | 0 | 0 | 255 | 26 | 22 | 4 |
| 7 | Rücken | 40 | 257 | 34 | 13 | 223 | 31 | 22 | 9 |
| 8 | Rippe | 38 | 262 | 58 | 22 | 204 | 27 | 22 | 5 |
| 9 | Rücken | 35 | 295 | 52 | 18 | 243 | 25 | 23 | 2 |
| 10 | Keule | 60 | 345 | 0 | 0 | 345 | 23 | 23 | 0,1 |
| | Mittel | 46 | 264 | 29 | 11 | 235 | 27 | 23 | 4 |

Ermittelt man die Menge der efsbaren Teile, welche von Kalbfleisch für 1 Mark erhalten werden, so ergibt sich, dafs Kalbfleisch sehr teuer ist und bei gleichem Preise die geringsten Mengen von Eiweifssubstanz und insbesondere von Fett enthält, wie die folgende Tabelle zeigt.

Tabelle VI.

**Nährstoffmengen im Kalbfleisch für 1 Mark.**

| Fleisch lfd. Nr. | Fleischsorten | Gesamtgewicht g | Unefsbare Teile g | Efsbare Teile frisch g | Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Kamm | 686 | 180 | 506 | 137 | 112 | 25 |
| 2 | Keule | 343 | 0 | 343 | 89 | 89 | Spur |
| 3 | Kamm | 700 | 128 | 571 | 160 | 120 | 40 |
| 4 | Rücken | 700 | 111 | 588 | 141 | 135 | 6 |
| 5 | Lende | 425 | 0 | 425 | 110 | 97 | 13 |
| 6 | Keule | 425 | 0 | 425 | 110 | 93 | 17 |
| 7 | Rücken | 642 | 85 | 557 | 173 | 123 | 50 |
| 8 | Rippe | 689 | 153 | 537 | 145 | 118 | 27 |
| 9 | Rücken | 843 | 148 | 694 | 173 | 159 | 14 |
| 10 | Keule | 575 | 0 | 575 | 132 | 131 | 1 |
| | Mittel | 603 | 80 | 522 | 137 | 118 | 19 |

## IV. Hammelfleisch.

Die Zusammensetzung des efsbaren Teiles des Hammelfleisches erweist sich als sehr gleichmäfsig, insofern sowohl die Rippen- und Bauchstücke, wie auch Lende, Keule, Platt ziemlich gleiche Mengen von Trockensubstanz, Eiweifs und Fett enthalten.

(Siehe Tabelle VII auf S. 141.)

Die Nährstoffmengen, welche für 1 Mark in Form von Hammelfleisch erhalten werden, sind, wie die nachstehende Tabelle zeigt, für den Käufer sehr günstig, insofern als für diesen Preis sehr erhebliche Mengen von Eiweifs und Fett abgegeben werden.

(Siehe Tabelle VIII auf S. 141.)

Tabelle VII.

**Zusammensetzung von Hammelfleisch.**

| Fleisch lfd. Nr. | Fleischsorten | Preis pro $^1/_2$ Pfd. Pf. | Gesamtgewicht g | Unefsb. Teile absol. g | Unefsb. Teile % | Efsbare Teile g | In 100 g frisch efsb. Teile: Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Rippe | 35 | 235 | 35 | 15 | 200 | 64 | 27 | 37 |
| 2 | Lende | 35 | 248 | 25 | 10 | 223 | 59 | 24 | 35 |
| 3 | Kamm | 38 | 250 | 49 | 20 | 201 | 51 | 27 | 24 |
| 4 | Rippe | 35 | 252 | 26 | 10 | 226 | 70 | 25 | 45 |
| 5 | » | 35 | 258 | 28 | 11 | 238 | 63 | 22 | 41 |
| 6 | Bauch | 35 | 262 | 0 | 0 | 262 | 70 | 27 | 43 |
| 7 | Keule | 38 | 265 | 42 | 16 | 223 | 40 | 20 | 20 |
| 8 | Bauch | 30 | 268 | 36 | 13 | 232 | 59 | 25 | 34 |
| 9 | Platt | 35 | 269 | 33 | 12 | 236 | 55 | 24 | 31 |
| 10 | Keule | 40 | 275 | 16 | 6 | 259 | 40 | 22 | 18 |
| | Mittel | 36 | 258 | 29 | 11 | 229 | 57 | 24 | 33 |

Tabelle VIII.

**Nährstoffmengen im Hammelfleisch für 1 Mark.**

| Fleisch lfd. Nr. | Fleischsorten | Gesamtgewicht g | Unefsbare Teile g | Efsbare Teile: frisch g | Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Rippe | 671 | 101 | 571 | 365 | 154 | 211 |
| 2 | Lende | 709 | 71 | 637 | 376 | 153 | 223 |
| 3 | Kamm | 658 | 129 | 529 | 270 | 143 | 127 |
| 4 | Rippe | 720 | 74 | 646 | 452 | 161 | 291 |
| 5 | » | 737 | 80 | 680 | 428 | 149 | 279 |
| 6 | Bauch | 748 | 0 | 748 | 524 | 202 | 322 |
| 7 | Keule | 697 | 110 | 587 | 235 | 118 | 117 |
| 8 | Bauch | 893 | 120 | 773 | 456 | 193 | 263 |
| 9 | Platt | 768 | 94 | 674 | 371 | 162 | 209 |
| 10 | Keule | 687 | 40 | 647 | 259 | 143 | 116 |
| | Mittel | 729 | 72 | 649 | 374 | 158 | 216 |

Um in übersichtlicher Form darzustellen, in welchem Umfange die Zusammensetzung von Rindfleisch und Schweinefleisch nach den einzelnen Körperteilen Schwankungen zeigt, habe ich in folgender Tabelle die Mittelwerte der früheren Einzelanalysen zusammengestellt.

Tabelle IX.

**Zusammensetzung von Rindfleisch und Schweinefleisch nach Körperregionen.**

| Fleischsorten | Preis pro $^1/_2$ Pfd. Pfg. | Gesamtgewicht g | Unefsb. Teile absol. g | Unefsb. Teile % | Efsbare Teile absolut g | In 100 g frisch efsb. Teile: Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rindfleisch: | | | | | | | | |
| Brust | 34 | 266 | 43 | 16 | 223 | 50 | 23 | 27 |
| Rippe | 35 | 271 | 42 | 15 | 229 | 63 | 26 | 37 |
| Keule | 43 | 273 | 10 | 4 | 263 | 32 | 24 | 8 |
| Bug | 47 | 257 | 0 | 0 | 257 | 32 | 23 | 9 |
| Lende | 80 | 249 | 0 | 0 | 249 | 29 | 23 | 6 |
| Mittel | 48 | 263 | 19 | 7 | 244 | 41 | 24 | 17 |
| Schweinefleisch: | | | | | | | | |
| Bauch | 34 | 268 | 38 | 15 | 230 | 70 | 18 | 52 |
| Rücken | 37 | 279 | 36 | 13 | 243 | 55 | 23 | 32 |
| Rippe u. Kamm | 39 | 279 | 37 | 13 | 242 | 59 | 27 | 32 |
| Keule | 49 | 255 | 0 | 0 | 255 | 42 | 26 | 16 |
| Lende | 48 | 261 | 0 | 0 | 261 | 44 | 24 | 20 |
| Mittel | 41 | 268 | 22 | 8 | 246 | 54 | 23 | 31 |

Man erkennt hieraus, dafs die prozentische Zusammensetzung je nach den einzelnen Körperteilen bei Rindfleisch die gröfsten Schwankungen ergeben, während sich das Schweinefleisch günstiger verhält. Das für den Konsumenten wichtige Moment, wie viel Nährstoffe, Eiweifs und Fett für ein und denselben Preis vom Fleischer erhalten werden, möge nachstehende Tabelle geben, in welcher die Gesamtgewichtsmenge, sowie die Menge des efsbaren Teiles, des Eiweifs- und Fettgehaltes von Rind- und Schweinefleisch je nach den Körperteilen angegeben sind, wie sie für den Preis von 1 Mark erhalten wurden.

(Siehe Tabelle X auf S. 143.)

Es geht hieraus hervor, dafs das Schweinefleisch, was Eiweifs- und Fettgehalt betrifft, auch beim Kleineinkauf weitaus die gröfsten Vorteile bezüglich der Erlangung animalischer Nährstoffe gewährt.

Tabelle X.

**Nährstoffmengen in Rind- und Schweinefleisch für 1 Mark nach den Körperregionen.**

| Fleischsorten | Gesamtgewicht g | Unefsbare Teile g | Efsbare Teile frisch g | Trocken-Substanz g | Eiweifs u. Salze etc. g | Fett g |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rindfleisch:** | | | | | | |
| **Brust** | 782 | 126 | 656 | 328 | 151 | 177 |
| **Rippe** | 774 | 120 | 654 | 412 | 170 | 242 |
| **Keule** | 635 | 23 | 612 | 196 | 147 | 49 |
| **Bug** | 547 | 0 | 547 | 175 | 126 | 49 |
| **Lende** | 311 | 0 | 311 | 90 | 71 | 19 |
| Mittel | 610 | 54 | 556 | 240 | 133 | 107 |
| Schweinfleisch: | | | | | | |
| **Bauch** | 788 | 112 | 676 | 473 | 122 | 351 |
| **Rücken** | 754 | 97 | 657 | 361 | 151 | 210 |
| **Rippe u. Kamm** | 715 | 95 | 620 | 366 | 168 | 198 |
| **Keule** | 520 | 0 | 520 | 218 | 135 | 83 |
| **Lende** | 544 | 0 | 544 | 239 | 130 | 109 |
| Mittel | 664 | 61 | 603 | 331 | 141 | 190 |

Bei der Ernährung der ärmeren Bevölkerung mit animalischen Nahrungsmitteln spielen neben dem Fleische die Fleischwaren und darunter vor allem die verschiedenen Wurstsorten eine sehr grofse Rolle. Die Wurstsorten, welche aus den Rohmaterialien des Fleisches hergestellt werden, bieten sowohl für den Produzenten als auch für den Konsumenten ganz erhebliche Vorteile.

Der Produzent ist bekanntlich in der Lage, bei Herstellung dieser Ware den gröfsten Spielraum in der Verwendung seiner Rohmaterialien auszunutzen. Er kann nicht nur beste und teuer eingekaufte Rohware zu den Würsten verwenden, sondern auch weniger wertvolle Teile, welche als solche vielfach nicht mehr für sich allein vorteilhaft verkauft werden können. Der Produzent ist weiter in der Lage, bei Herstellung von Wurstwaren solche Mischungen von magerem und fettem Fleische vorzunehmen, wie sie der Geschmack des Käufers verlangt, oder wie sie das Nahrungsbedürfnis des Konsumenten wünschenswert macht.

Die Fortschritte der Landwirtschaft ermöglichen gegenwärtig die Tiere unter viel günstigere Mastbedingungen zu bringen, wobei weniger die Fleisch- (d. i. Eiweifsproduktion) als vielmehr die Fettproduktion im Tierkörper ganz beträchtlich gesteigert werden kann.

Der Fleischer empfängt deshalb in hochgemästeten Tieren eine Ware, die zum Verkauf als Koch- und Bratfleisch vielfach zu fettreich sein würde. Bei Herstellung von Wurstwaren vermag aber der Fleischer diesen Fettüberschufs eines Tieres wieder in einer für ihn selbst, wie für den Konsumenten gleich vorteilhaften und zweckmäfsigen Weise zur Verteilung zu bringen.

Die Wurstwaren können ferner durch den Zusatz geeigneter und beliebter Gewürze einen Geschmackswert erhalten, welcher ihre Verwendung in vielseitiger Weise fördert.

Der Genufs von Wurstwaren hat für den Konsumenten und speziell für die ärmere Bevölkerung aber auch den grofsen Vorteil, dafs diese Ware in den meisten Fällen ohne weiteres efsfertig ist und eine Vielseitigkeit in der Zusammensetzung und in dem Geschmackswerte besitzt, dafs in dieser Form eine reiche Abwechslung der Zufuhr animalischer Nahrung möglich wird. Die Wurstwaren können ohne viel wertlosen Ballast eines nicht efsbaren Teiles und in gebrauchsfertigem Zustande gekauft werden.

Die bei der Wurstherstellung notwendige mechanische Zerkleineung des Fleisches und die Zugabe kräftiger und schmackhafter Gewürze bedingt weiter, dafs die Nährstoffe in ihnen leicht und vollkommen verdaut werden, so dafs sie gerade als Zugabe zur Pflanzenkost bzw. Brot auch vom physiologischen Standpunkte aus als eine sehr zweckmäfsige Zufuhrart von animalischen Nahrungsmitteln zu bezeichnen sind.

Das Bedürfnis und die Beliebtheit dieser Fleischwaren beim Konsumenten und speziell bei der ärmeren Bevölkerung hat demnach mit Recht zu einer umfangreichen fabrikmäfsigen Herstellung und Verwertung des Rohfleisches geführt, wobei sich die Zubereitung bestimmter Hauptsorten von Wurstwaren zu einer hohen technischen Vollendung entwickelt hat. Es erschien mir deshalb von Interesse, gleichzeitig mit der Untersuchung der

verschiedenen Arten von frischem Koch- und Bratfleisch auch die Untersuchung über die Zusammensetzung und den Preis von Wurstwaren zu verbinden, wie sie bei der Massenernährung im Volke vorzugsweise konsumiert werden.

Es wurden deshalb von zuverlässigen Personen aus den verschiedensten Geschäften und zwar insbesondere auch aus den von den Arbeiterkreisen aufgesuchten kleineren Geschäften der Fleischer in den Vororten Wurstwaren eingekauft und hierbei, um ein Bild über die Bedeutung derselben für die Ernährung der unteren Volkskreise zu erhalten, solche Portionen gekauft, wie sie der Arbeiter für sich und seine Familie in kleinen Beträgen einkauft.

Nachdem die Wurstwaren in das Institut gebracht waren, wurde zunächst ihr Gesamtgewicht festgestellt und dann der ungeniefsbare, aus der Wursthülle bestehende Teil abgetrennt und für sich gewogen. Zur Ausführung der weiteren Untersuchung wurde dann der gesamte efsbare Inhalt der Wurst durch die Fleischschneidemaschine 5—7 mal durchgetrieben und so die schon früher hervorgehobene vollständige Durchmischung erhalten, so dafs Teilproben von 2,5 und 5,0 g des homogenen Wurstbreies in Kontrollanalysen vollständig übereinstimmende Werte ergaben.

Wie bei der Untersuchung des frischen Rindfleisches wurden auch von dem Wurstbrei zunächst eine Probe von 25 g zur Wasserbestimmung durch Trocknen bei 100 C und weiterhin Teilproben des Wurstbreies in Mengen von 2,5 und 5,0 g zur Fettbestimmung im Azid-Butyrometer abgewogen.

Die Auflösung des Eiweifses der Wurst und die Abscheidung und scharfe Trennung der Fettschicht erfolgte bei der Wurst in der gleichen vollkommenen Weise, wie ich dies bei der Fettbestimmung im frischen Fleische festgestellt habe. Nur machte es sich bei Wurstarten, welche zum Teil ganze Pfefferkörner enthielten, notwendig, dieselben bei der Herstellung des Wurstbreies vorher zu entfernen.

Die Differenz des Fettes von der Trockensubstanz der Wurst wurde als Eiweifs, Salze und Extraktivstoffe in Rechnung gebracht.

Es wäre wohl wünschenswert gewesen, den Eiweifsgehalt der Wurst direkt durch Stickstoffbestimmung zu ermitteln, da der Salzgehalt bei den Wurstsorten infolge des Zusatzes von Kochsalz gröfsere Mengen und auch gröfsere Schwankungen aufweist als der Salzgehalt des frischen Fleisches.

Ich habe jedoch von der Stickstoffbestimmung des Wurstbreies abgesehen, nicht nur weil dieselbe bei den erforderlichen zahlreichen Einzelbestimmungen mit grofsen Mühen verbunden gewesen wäre, sondern weil auch die direkte Stickstoffbestimmung in der Wurst noch keine Möglichkeit gegeben hätte, den hier vorhandenen Eiweifsgehalt genau zu bestimmen.

In den Wurstsorten wird, besonders bei den gewöhnlicheren Qualitäten, vielfach Fleisch verwendet, welches relativ grofse Mengen von Bindegewebe und elastisches Gewebe enthält.

Der Nährwert dieses leimgebenden Gewebes ist jedoch bekanntlich erheblich geringer als der des Eiweifses, so dafs zur Wertbestimmung des Eiweifsgehaltes in den Würsten auch eine Trennung in der Bestimmung des Stickstoffes vom Eiweifs und leimgebendem Gewebe notwendig gewesen wäre.

Zur Untersuchung kamen acht verschiedene Wurstsorten und unter diesen insbesondere die Wurstsorten wie Knackwurst, Leberwurst, Blutwurst, Mettwurst, welche besonders in den Arbeiterkreisen gewählt werden.

In den nachstehenden Tabellen ist die Menge des nicht efsbaren Teiles und der Prozentwert desselben zur Vereinfachung der Tabelle nicht aufgenommen worden. Derselbe ergibt sich aus den Angaben des eingekauften Gesamtgewichtes und des efsbaren Teiles der Wurst. Dieser Wurstschalenteil hat nur einen geringen Wert und beträgt etwa 1—3 % und bei Blutwurst, welche die dickste Darmhülle besitzt, im Mittel 6 % der gekauften Ware.

Von Knackwurst wird in Leipzig nur eine Qualität im Handel geführt, wobei jedoch der Fleischer und der Konsument eine weichere und festere Sorte unterscheidet, je nachdem ein stärkerer Wasserverlust durch Austrocknen der Knackwurst beim Lagern eingetreten ist. Die härtere Sorte wird dann in der Regel zu einem etwas höheren Preise vom Fleischer abgegeben.

Es wurde jederzeit $^1/_4$ Pfund Wurst verlangt. Die Schwankungen der von den Fleischern abgegebenen Gewichtsmengen sind ziemlich beträchtlich und bewegen sich bei 125 g verlangtem Gewichte von 115—154 g. Der Grund liegt darin, dafs bei den kleineren Fleischern die Gewichtsmenge bekanntlich vielfach nicht mit der Wage, sondern mit dem Auge abgeschätzt und abgegeben wird.

Nachstehende Tabelle gibt die prozentische Zusammensetzung der einzelnen in 20 verschiedenen Geschäften gekauften Proben.

Tabelle XI.

**Zusammensetzung von Knackwurst.**

| Lfd. Nr. | Preis pro $^1/_4$ Pfd. Pfg. | Gesamtgewicht g | Efsbare Teile g | In 100 g frische efsbare Teile: Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20 | 117 | 115 | 82 | 34 | 48 |
| 2 | 20 | 120 | 117 | 76 | 30 | 46 |
| 3 | 30 | 122 | 119 | 65 | 25 | 40 |
| 4 | 23 | 125 | 124 | 79 | 33 | 46 |
| 5 | 30 | 127 | 122 | 94 | 27 | 67 |
| 6 | 30 | 128 | 125 | 67 | 28 | 39 |
| 7 | 25 | 130 | 129 | 71 | 27 | 44 |
| 8 | 20 | 131 | 130 | 82 | 26 | 56 |
| 9 | 20 | 132 | 131 | 74 | 25 | 49 |
| 10 | 20 | 133 | 131 | 66 | 28 | 38 |
| 11 | 25 | 133 | 131 | 72 | 27 | 45 |
| 12 | 20 | 135 | 132 | 80 | 20 | 60 |
| 13 | 20 | 136 | 135 | 79 | 24 | 55 |
| 14 | 20 | 137 | 135 | 73 | 22 | 51 |
| 15 | 25 | 137 | 135 | 73 | 24 | 49 |
| 16 | 20 | 140 | 139 | 66 | 15 | 51 |
| 17 | 25 | 140 | 138 | 64 | 28 | 36 |
| 18 | 20 | 145 | 143 | 63 | 21 | 42 |
| 19 | 20 | 150 | 148 | 83 | 27 | 56 |
| 20 | 20 | 155 | 154 | 79 | 26 | 53 |
| Mittel | 23 | 134 | 131 | 74 | 23 | 51 |

Besonders auffallend ist der sehr hohe Gehalt an Trockensubstanz in der Knackwurst, welcher von 63 % als Minimalwert bis zu 94 % Trockensubstanz schwankt. Letzteres ist bei sehr harter Wurst der Fall, welche durch langes Lagern fast alles

Wasser verloren hat und nur durch den hohen Fettreichtum die äufsere Beschaffenheit einer noch weichen und geniefsbaren Masse behält. In diesem Zustande ist die Ware eigentlich getrocknetes Fleisch, welches aber durch seinen hohen Fettgehalt die volle Weichheit und Geniefsbarkeit besitzt.

Um eine Übersicht zu erhalten, welche Nährstoffmengen der Käufer für den Einheitspreis von 1 Mark empfängt, sind in nachstehender Tabelle die Wurstmengen und deren Bestandteile angegeben, die für 1 Mark erhalten wurden.

Tabelle XII.

**Nährstoffmengen in Knackwurst für 1 Mark.**

| Lfd. Nr. | Gesamt-gewicht g | Efsbarer Teil | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | frisch g | Trocken-substanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
| 1 | 585 | 575 | 471 | 195 | 276 |
| 2 | 600 | 585 | 445 | 174 | 269 |
| 3 | 407 | 397 | 258 | 99 | 159 |
| 4 | 543 | 539 | 426 | 178 | 248 |
| 5 | 423 | 407 | 382 | 109 | 273 |
| 6 | 427 | 417 | 279 | 116 | 163 |
| 7 | 520 | 516 | 366 | 139 | 227 |
| 8 | 655 | 650 | 533 | 169 | 364 |
| 9 | 660 | 655 | 485 | 164 | 321 |
| 10 | 665 | 655 | 432 | 183 | 249 |
| 11 | 532 | 524 | 377 | 141 | 236 |
| 12 | 675 | 660 | 528 | 132 | 396 |
| 13 | 680 | 675 | 533 | 162 | 371 |
| 14 | 685 | 675 | 493 | 149 | 344 |
| 15 | 548 | 540 | 394 | 129 | 265 |
| 16 | 700 | 695 | 459 | 105 | 354 |
| 17 | 560 | 552 | 353 | 154 | 199 |
| 18 | 725 | 715 | 450 | 150 | 300 |
| 19 | 750 | 740 | 614 | 200 | 414 |
| 20 | 775 | 770 | 608 | 200 | 408 |
| Mittel | 606 | 597 | 444 | 152 | 292 |

Man erkennt hieraus deutlich, dafs die Marktpreise des Fleisches nicht mafsgebend sind für die Nährstoffmengen, welche für Eiweifs und Fett in der Form von Knackwurst abgegeben werden.

Für den Preis von 1 Mark erhält man zur selben Zeit und am selben Orte bei dem einen Fleischer an Trockensubstanz, Eiweifs und Fett mehr als die doppelte Menge von efsbaren Teilen als bei einem anderen Fleischer.

Die Leberwurst, eine bei den Arbeitern sehr beliebte Wurstart, wird in der Regel in zwei Qualitäten, wie sich dies auch im Preise ausspricht, in den Geschäften geführt. Ein Unterschied in der prozentischen Zusammensetzung besteht aber hierbei nicht, wie die nachstehende Tabelle lehrt:

Tabelle XIII.

**Zusammensetzung von Leberwurst.**

| Lfd. Nr. | Qualität | Preis pro $^1/_4$ Pfd. Pfg. | Gesamtgewicht g | Efsbare Teile g | In 100 g frisch efsbare Teile | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
| 1 | I. Qualität | 20 | 121 | 119 | 64 | 23 | 41 |
| 2 | » | 25 | 122 | 119 | 70 | 23 | 47 |
| 3 | » | 25 | 124 | 122 | 67 | 24 | 43 |
| 4 | » | 30 | 125 | 122 | 71 | 20 | 51 |
| 5 | » | 25 | 129 | 126 | 65 | 16 | 49 |
| 6 | » | 30 | 133 | 127 | 74 | 34 | 40 |
| 7 | » | 25 | 135 | 133 | 70 | 11 | 59 |
| 8 | » | 25 | 135 | 134 | 64 | 19 | 45 |
| 9 | » | 25 | 137 | 135 | 67 | 15 | 52 |
| 10 | » | 25 | 138 | 128 | 70 | 13 | 57 |
| 11 | » | 25 | 143 | 141 | 62 | 12 | 50 |
| 12 | » | 25 | 152 | 149 | 64 | 20 | 44 |
| 13 | » | 25 | 158 | 151 | 79 | 19 | 60 |
| | Mittel | 25 | 133 | 129 | 69 | 19 | 50 |
| 1 | II. Qualität | 20 | 114 | 112 | 68 | 19 | 49 |
| 2 | » | 20 | 131 | 129 | 78 | 16 | 62 |
| 3 | » | 20 | 139 | 138 | 64 | 23 | 41 |
| 4 | » | 20 | 145 | 139 | 70 | 15 | 55 |
| 5 | » | 20 | 147 | 141 | 60 | 15 | 45 |
| 6 | » | 20 | 159 | 158 | 57 | 20 | 37 |
| | Mittel | 20 | 143 | 140 | 65 | 16 | 49 |
| | Gesamtmittel | 23 | 138 | 135 | 67 | 17 | 50 |

Zum Preise von 1 Mark wurden in den beiden Qualitäten Leberwurst nachstehende Nährwertmengen erhalten:

Tabelle XIV.

**Nährstoffmengen in Leberwurst für 1 Mark.**

| Lfd. Nr. | Qualität | Gesamt-gewicht g | Efsbare Teile frisch g | Trocken-substanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | I. Qualität | 605 | 595 | 381 | 137 | 244 |
| 2 | » | 488 | 476 | 333 | 109 | 224 |
| 3 | » | 496 | 488 | 327 | 117 | 210 |
| 4 | » | 417 | 417 | 296 | 83 | 213 |
| 5 | » | 516 | 504 | 328 | 81 | 247 |
| 6 | » | 443 | 423 | 313 | 144 | 169 |
| 7 | » | 540 | 532 | 372 | 58 | 314 |
| 8 | » | 540 | 536 | 343 | 102 | 241 |
| 9 | » | 548 | 540 | 362 | 81 | 281 |
| 10 | » | 552 | 512 | 358 | 66 | 292 |
| 11 | » | 572 | 564 | 350 | 68 | 282 |
| 12 | » | 608 | 596 | 381 | 119 | 262 |
| 13 | » | 632 | 604 | 477 | 115 | 362 |
| | Mittel | 535 | 522 | 355 | 98 | 257 |
| 1 | II. Qualität | 570 | 560 | 381 | 107 | 274 |
| 2 | » | 655 | 645 | 503 | 103 | 400 |
| 3 | » | 695 | 690 | 442 | 159 | 283 |
| 4 | » | 725 | 695 | 486 | 104 | 382 |
| 5 | » | 735 | 705 | 423 | 106 | 317 |
| 6 | » | 795 | 790 | 450 | 158 | 292 |
| | Mittel | 696 | 681 | 447 | 122 | 325 |
| | Gesamtmittel | 615 | 601 | 401 | 110 | 291 |

Hieraus ergibt sich, dafs die II. Qualität, was die Menge des efsbaren Gesamtteils betrifft, nur unbedeutend billiger ist, dafs aber bei ihr besonders nur gröfsere Fettmengen abgegeben werden.

Auch die Blutwurst wird in den meisten Geschäften in zwei Qualitäten vorrätig gehalten, wie sich dies durch den Preisunterschied ausspricht.

Auffallend ist, dafs auch die Blutwurst einen sehr wechselnden Wassergehalt besitzt. Die Menge der Trockensubstanz bewegt

sich, wie nachstehende Untersuchungsergebnisse lehren, zwischen 49 % und 91 % Trockensubstanz, so daſs der Wassergehalt der Blutwurst von 51 % bis zu 9 % herunter geht.

Tabelle XV.

**Zusammensetzung der Blutwurst.**

| Lfd. Nr. | Qualität | Preis pro ¼ Pfd. Pfg. | Gesamt-Gewicht g | Eſsbare Teile g | In 100 g frisch eſsbare Teile: Trocken-substanz g | Eiweiſs m. Salze etc. g | Fett g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | I. Qualität | 25 | 125 | 118 | 60 | 23 | 37 |
| 2 | » | 25 | 127 | 125 | 60 | 24 | 36 |
| 3 | » | 30 | 129 | 119 | 88 | 32 | 56 |
| 4 | » | 25 | 132 | 124 | 80 | 27 | 53 |
| 5 | » | 25 | 132 | 126 | 68 | 24 | 44 |
| 6 | » | 25 | 135 | 129 | 56 | 23 | 33 |
| 7 | » | 25 | 136 | 130 | 49 | 18 | 31 |
| 8 | » | 25 | 137 | 124 | 58 | 31 | 27 |
| 9 | » | 25 | 140 | 131 | 80 | 34 | 46 |
| 10 | » | 25 | 144 | 139 | 62 | 26 | 36 |
| | Mittel | 25 | 134 | 127 | 66 | 26 | 40 |
| 1 | II. Qualität | 20 | 125 | 116 | 56 | 18 | 38 |
| 2 | » | 20 | 128 | 124 | 87 | 39 | 48 |
| 3 | » | 20 | 130 | 118 | 55 | 21 | 34 |
| 4 | » | 20 | 135 | 126 | 64 | 18 | 46 |
| 5 | » | 20 | 137 | 128 | 72 | 28 | 44 |
| 6 | » | 20 | 138 | 135 | 68 | 25 | 43 |
| 7 | » | 20 | 140 | 126 | 73 | 18 | 55 |
| 8 | » | 20 | 141 | 135 | 91 | 18 | 73 |
| 9 | » | 20 | 156 | 141 | 79 | 21 | 58 |
| 10 | » | 20 | 180 | 171 | 88 | 25 | 63 |
| | Mittel | 20 | 147 | 138 | 73 | 23 | 50 |
| | Ges.-Mittel | 23 | 140 | 133 | 69 | 25 | 44 |

Die Mittelwerte in der prozentischen Zusammensetzung der Blutwurst I. und II. Qualität sind also, was Trockensubstanz, Eiweiſsmenge und Fett betrifft, nahezu übereinstimmend.

Der ungleiche Kaufpreis hat also in der Menge der prozentischen Zusammensetzung keine Begründung und wird wohl darauf beruhen, daſs zum Teil bessere und feinere Gewürze Anwendung finden oder daſs der einzelne Geschäftsmann seine Ware bei dem einen oder anderen Käufer höher bewertet.

Für 1 Mark werden in Form von Blutwurst nachstehende Nährstoffmengen in der I. und II. Qualität erhalten:

Tabelle XVI.

**Nährstoffmengen in Blutwurst für 1 Mark.**

| Lfd. Nr. | Qualität | Gesamt-Gewicht | Efsbare Teile | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | frisch g | Trocken-substanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
| 1 | I. Qualität | 500 | 472 | 283 | 108 | 175 |
| 2 | » | 508 | 500 | 300 | 120 | 180 |
| 3 | » | 430 | 397 | 349 | 127 | 222 |
| 4 | » | 528 | 496 | 297 | 134 | 263 |
| 5 | » | 528 | 504 | 343 | 121 | 222 |
| 6 | » | 540 | 516 | 289 | 119 | 170 |
| 7 | » | 544 | 520 | 255 | 94 | 161 |
| 8 | » | 548 | 496 | 288 | 154 | 134 |
| 9 | » | 560 | 524 | 419 | 178 | 241 |
| 10 | » | 576 | 556 | 344 | 144 | 200 |
| | Mittel | 526 | 498 | 327 | 130 | 197 |
| 1 | II. Qualität | 625 | 580 | 325 | 105 | 220 |
| 2 | » | 640 | 620 | 539 | 241 | 298 |
| 3 | » | 650 | 950 | 324 | 123 | 201 |
| 4 | » | 675 | 630 | 403 | 113 | 290 |
| 5 | » | 685 | 640 | 461 | 179 | 282 |
| 6 | » | 690 | 675 | 459 | 169 | 290 |
| 7 | » | 700 | 630 | 460 | 114 | 346 |
| 8 | » | 705 | 675 | 614 | 121 | 493 |
| 9 | » | 780 | 705 | 557 | 148 | 409 |
| 10 | » | 900 | 855 | 752 | 213 | 539 |
| | Mittel | 705 | 660 | 489 | 153 | 337 |
| | Ges.-Mittel | 615 | 579 | 408 | 141 | 267 |

Vorstehende Tabelle lehrt, dafs in der II. Qualität, wenn auch vielleicht der Geschmackswert ein geringerer ist, die Nährstoffmenge an Trockensubstanz, Eiweifs und besonders an Fett reichlicher geboten wird.

Von anderen häufig verlangten Wurstsorten kommt weiter Cervelatwurst in Betracht. Auch hier zeigt die Tabelle über die

prozentischen Zusammensetzung einen durchschnittlich sehr hohen Gehalt an Trockensubstanz, welcher bis 91,0% ansteigt.

Tabelle XVII.

**Zusammensetzung der Cervelatwurst.**

| Lfd. Nr. | Preis pro 1/4 Pfd. Pfg. | Gesamtgewicht g | Efsbare Teile g | In 100 g frisch efsbare Teile | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
| 1 | 25 | 117 | 116 | 63 | 23 | 40 |
| 2 | 35 | 122 | 119 | 61 | 26 | 35 |
| 3 | 40 | 122 | 120 | 73 | 28 | 45 |
| 4 | 35 | 123 | 122 | 64 | 30 | 34 |
| 5 | 40 | 123 | 122 | 70 | 24 | 46 |
| 6 | 45 | 128 | 125 | 84 | 31 | 53 |
| 7 | 40 | 130 | 128 | 69 | 30 | 39 |
| 8 | 30 | 133 | 131 | 64 | 32 | 32 |
| 9 | 40 | 134 | 132 | 75 | 32 | 43 |
| 10 | 45 | 135 | 130 | 79 | 30 | 49 |
| 11 | 45 | 135 | 131 | 91 | 40 | 51 |
| 12 | 50 | 140 | 136 | 90 | 33 | 57 |
| 13 | 45 | 145 | 139 | 85 | 33 | 52 |
| 14 | 40 | 150 | 147 | 84 | 28 | 56 |
| 15 | 40 | 150 | 147 | 64 | 25 | 39 |
| Mittel | 40 | 132 | 129 | 74 | 29 | 45 |

In Form von Cervelatwurst wurden für 1 Mark nachstehende Nährstoffmengen erhalten, wobei sich ergibt, dafs die abgegebenen Mengen von Nährstoffen nicht in so erheblichen Grenzen schwanken, wie dies bei Blut- und Knackwurst der Fall ist.

(Siehe Tabelle XVIII auf S. 154.)

Die unter dem Namen Mettwurst verkaufte Fleischware wird in der Regel nur in einer Qualität im Handel geführt. Nach den Angaben der Fleischer wird die Mettwurst nur durch die Mischung von magerem und fettem Schweinefleische hergestellt.

(Siehe Tabelle XIX auf S. 154.)

Tabelle XVIII.

**Nährstoffmengen in Cervelatwurst für 1 Mark.**

| Lfd. Nr. | Gesamt-gewicht g | Eſsbare Teile | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | frisch g | Trocken-substanz g | Eiweiſs m. Salze etc. g | Fett g |
| 1 | 468 | 464 | 292 | 106 | 186 |
| 2 | 348 | 340 | 207 | 88 | 119 |
| 3 | 305 | 300 | 219 | 84 | 135 |
| 4 | 351 | 348 | 223 | 105 | 118 |
| 5 | 308 | 305 | 213 | 73 | 140 |
| 6 | 284 | 278 | 233 | 86 | 147 |
| 7 | 325 | 320 | 221 | 96 | 125 |
| 8 | 443 | 437 | 280 | 140 | 140 |
| 9 | 335 | 330 | 247 | 105 | 142 |
| 10 | 300 | 289 | 228 | 86 | 142 |
| 11 | 300 | 291 | 265 | 117 | 148 |
| 12 | 280 | 272 | 245 | 90 | 155 |
| 13 | 322 | 309 | 263 | 102 | 161 |
| 14 | 375 | 367 | 308 | 103 | 205 |
| 15 | 375 | 367 | 235 | 92 | 143 |
| Mittel | 341 | 334 | 245 | 98 | 147 |

Tabelle XIX.

**Zusammensetzung der Mettwurst.**

| Lfd. Nr. | Preis pro 1/4 Pfd. Pfg. | Gesamt-gewicht g | Eſsbare Teile g | In 100 g frisch eſsbare Teile | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Trocken-substanz g | Eiweiſs m. Salze etc. g | Fett g |
| 1 | 20 | 114 | 113 | 67 | 13 | 54 |
| 2 | 25 | 122 | 120 | 64 | 18 | 46 |
| 3 | 35 | 122 | 120 | 64 | 22 | 42 |
| 4 | 25 | 124 | 123 | 70 | 16 | 54 |
| 5 | 25 | 125 | 124 | 77 | 21 | 56 |
| 6 | 23 | 128 | 127 | 73 | 16 | 57 |
| 7 | 23 | 129 | 127 | 79 | 26 | 53 |
| 8 | 25 | 132 | 130 | 73 | 14 | 59 |
| 9 | 30 | 132 | 130 | 74 | 22 | 52 |
| 10 | 25 | 137 | 136 | 70 | 16 | 54 |
| 11 | 25 | 138 | 135 | 68 | 16 | 52 |
| 12 | 25 | 139 | 137 | 69 | 22 | 47 |
| 13 | 30 | 140 | 138 | 65 | 16 | 49 |
| 14 | 25 | 150 | 149 | 76 | 23 | 53 |
| 15 | 25 | 152 | 150 | 81 | 25 | 56 |
| Mittel | 25 | 132 | 131 | 71 | 18 | 53 |

Die prozentische Zusammensetzung der Mettwurst verhält sich also derartig, dafs auf 1 Teil Eiweifs inkl. Salzen und Extraktivstoffen im Mittel die dreifache Menge von Fett kommt.

Für 1 Mark wurden in der Mettwurst nachstehende Nährstoffmengen erhalten:

Tabelle XX.

**Nährstoffmengen in Mettwurst für 1 Mark.**

| Lfd. Nr. | Gesamtgewicht g | Efsbare Teile | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | frisch g | Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
| 1 | 570 | 565 | 378 | 73 | 305 |
| 2 | 488 | 480 | 307 | 86 | 221 |
| 3 | 348 | 343 | 219 | 75 | 144 |
| 4 | 496 | 492 | 344 | 78 | 266 |
| 5 | 500 | 496 | 382 | 104 | 278 |
| 6 | 556 | 552 | 403 | 88 | 315 |
| 7 | 561 | 552 | 436 | 144 | 292 |
| 8 | 528 | 520 | 380 | 73 | 307 |
| 9 | 440 | 433 | 320 | 95 | 225 |
| 10 | 548 | 544 | 381 | 87 | 294 |
| 11 | 552 | 540 | 367 | 86 | 281 |
| 12 | 556 | 548 | 378 | 120 | 258 |
| 13 | 467 | 460 | 299 | 74 | 225 |
| 14 | 600 | 596 | 453 | 137 | 316 |
| 15 | 608 | 600 | 486 | 150 | 336 |
| Mittel | 521 | 515 | 369 | 98 | 271 |

Die Mettwurst kennzeichnet sich sonach auch hinsichtlich des Einkaufswertes als eine überwiegende Fettnahrung.

Die Knoblauchwurst, welche vielfach im warmen, gekochten Zustande genossen wird, besitzt, wie die Untersuchungsresultate der nachstehenden, aus acht verschiedenen Geschäften bezogenen Proben zeigen, eine sehr gleichmäfsige Zusammensetzung. Der Wassergehalt ist hierbei relativ hoch und beträgt im Durchschnitt 58%. Die Fettmenge ist relativ gering und bei dieser Wurstsorte niedriger als der Eiweifsgehalt inkl. Salzen und Extraktivstoffen.

Tabelle XXI.

**Zusammensetzung der Knoblauchwurst.**

| Lfd. Nr. | Preis pro 1/4 Pfd. Pfg. | Gesamt-gewicht g | Eſsbare Teile g | In 100 g frisch eſsbare Teile | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Trocken-substanz g | Eiweiſs m. Salze etc. g | Fett g |
| 1 | 18 | 115 | 114 | 43 | 22 | 21 |
| 2 | 20 | 123 | 122 | 48 | 24 | 24 |
| 3 | 20 | 130 | 129 | 41 | 24 | 17 |
| 4 | 45 | 135 | 134 | 42 | 25 | 17 |
| 5 | 20 | 137 | 136 | 40 | 23 | 17 |
| 6 | 18 | 140 | 139 | 34 | 20 | 14 |
| 7 | 20 | 148 | 147 | 42 | 26 | 16 |
| 8 | 25 | 157 | 156 | 50 | 33 | 17 |
| Mittel | 23 | 136 | 135 | 42 | 24 | 18 |

Die für den Einheitspreis von 1 Mark erhaltene Menge Knoblauchwurst schwankt in sehr weiten, die doppelte Menge übersteigenden Grenzen.

Tabelle XXII.

**Nährstoffmengen in Knoblauchwurst für 1 Mark.**

| Lfd. Nr. | Gesamt-gewicht g | Eſsbare Teile | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | frisch g | Trocken-substanz g | Eiweiſs m. Salze etc. g | Fett g |
| 1 | 639 | 633 | 272 | 139 | 133 |
| 2 | 615 | 610 | 293 | 147 | 146 |
| 3 | 650 | 645 | 264 | 154 | 110 |
| 4 | 300 | 298 | 125 | 74 | 51 |
| 5 | 685 | 680 | 272 | 156 | 116 |
| 6 | 778 | 772 | 262 | 154 | 108 |
| 7 | 740 | 735 | 309 | 191 | 118 |
| 8 | 628 | 624 | 312 | 206 | 106 |
| Mittel | 629 | 625 | 264 | 153 | 111 |

Salamiwurst, welche sich als Dauerware dadurch kennzeichnet, daſs sie einen sehr geringen Wassergehalt, im Durchschnitt nur 18%, besitzt, wird wegen ihres höheren Preises weniger allgemein verlangt.

Die prozentische Zusammensetzung der untersuchten neun Proben zeigt nachstehende Tabelle:

Tabelle XXIII.

**Zusammensetzung von Salamiwurst.**

| Lfd. Nr. | Preis pro 1/4 Pfd. Pfg. | Gesamtgewicht g | Efsbare Teile g | In 100 g frisch efsbare Teile | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
| 1 | 35 | 122 | 121 | 61 | 27 | 34 |
| 2 | 50 | 131 | 127 | 89 | 38 | 51 |
| 3 | 40 | 132 | 128 | 82 | 28 | 54 |
| 4 | 45 | 132 | 129 | 91 | 27 | 64 |
| 5 | 30 | 133 | 131 | 65 | 27 | 38 |
| 6 | 45 | 135 | 134 | 87 | 36 | 51 |
| 7 | 45 | 141 | 139 | 88 | 33 | 55 |
| 8 | 45 | 142 | 139 | 88 | 33 | 55 |
| 9 | 40 | 144 | 142 | 84 | 39 | 45 |
| Mittel | 42 | 135 | 132 | 82 | 32 | 50 |

Die Berechnung der für 1 Mark erhaltenen Nährstoffmengen in der Salamiwurst ergibt, dafs die in dieser Wurstsorte erhaltenen Nährstoffmengen sowohl an Eiweifs wie an Fett mit der Cervelatwurst nahezu übereinstimmen, und dafs beide, was die Zufuhr von Nährstoffen betrifft, gleich teuer sind.

Tabelle XXIV.

**Nährstoffmengen in Salamiwurst für 1 Mark.**

| Lfd. Nr. | Gesamtgewicht g | Efsbare Teile | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | frisch g | Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
| 1 | 349 | 346 | 211 | 93 | 118 |
| 2 | 262 | 254 | 226 | 97 | 129 |
| 3 | 330 | 320 | 262 | 89 | 173 |
| 4 | 293 | 287 | 261 | 77 | 184 |
| 5 | 443 | 437 | 284 | 118 | 166 |
| 6 | 330 | 298 | 259 | 107 | 152 |
| 7 | 313 | 309 | 272 | 102 | 170 |
| 8 | 315 | 309 | 272 | 102 | 170 |
| 9 | 360 | 355 | 289 | 138 | 160 |
| Mittel | 333 | 324 | 260 | 102 | 158 |

Eine auch bei den kleineren Fleischern der Vorstadt häufig hergestellte und beliebte Wurstart ist die sogenannte Mortadellawurst. Dieselbe wird nach Angabe von Fleischern aus den gleichen Rohmaterialien zubereitet wie die Knoblauchwurst, indem 1 Teil Kalbfleisch mit 1 Teil Schweinefleisch unter Zusatz von Speck bzw. Schweinefett sehr fein zerkleinert wird. Dem Fleischbreie wird dann aufser Kochsalz und verschiedenem Gewürz noch eine kleine Menge Wasser hinzugefügt und das Ganze mit der Hand wie ein Brotteig innig verknetet. Die Wurst hat aufser einem pikanten Geschmack eine sehr weiche Konsistenz und wird, da sie sich nicht lange halten würde, bald und zwar im rohen Zustand verzehrt.

Wie die nachstehende Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse zeigt, ist die Mortadellawurst von sehr gleichmäfsiger Beschaffenheit, indem sowohl der Wassergehalt, wie auch der Fettgehalt nur geringe Schwankungen aufweist.

Tabelle XXV.

**Zusammensetzung der Mortadellawurst.**

| Lfd. Nr. | Preis pro 1/4 Pfd. Pfg. | Gesamtgewicht g | Efsbare Teile g | In 100 g frisch efsbare Teile | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
| 1 | 35 | 121 | 120 | 33 | 22 | 11 |
| 2 | 40 | 129 | 128 | 36 | 22 | 14 |
| 3 | 25 | 133 | 132 | 37 | 22 | 15 |
| 4 | 40 | 133 | 131 | 30 | 20 | 10 |
| 5 | 30 | 134 | 132 | 37 | 28 | 9 |
| 6 | 40 | 138 | 137 | 31 | 23 | 8 |
| 7 | 40 | 145 | 144 | 29 | 20 | 9 |
| 8 | 30 | 152 | 151 | 35 | 22 | 13 |
| 9 | 50 | 160 | 156 | 39 | 29 | 10 |
| Mittel | 38 | 138 | 137 | 34 | 24 | 10 |

Da die Mortadellawurst nur im rohen Zustande genossen wird, kann zur Herstellung auch nur ganz frisches und bestes Fleisch verwendet werden, wodurch sich erklärt, dafs der Preis dieser Wurst auch ein relativ hoher ist. Für 1 Mark erhielt ich in Form von Mortadellawurst folgende Nährstoffmengen.

Tabelle XXVI.

**Nährstoffmengen in Mortadellawurst für 1 Mark.**

| Lfd. Nr. | Gesamtgewicht g | Efsbare Teile | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | frisch g | Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
| 1 | 346 | 343 | 113 | 75 | 38 |
| 2 | 322 | 320 | 115 | 70 | 45 |
| 3 | 532 | 528 | 195 | 116 | 79 |
| 4 | 332 | 327 | 98 | 65 | 33 |
| 5 | 447 | 440 | 163 | 123 | 40 |
| 6 | 345 | 345 | 107 | 79 | 28 |
| 7 | 362 | 360 | 104 | 72 | 32 |
| 8 | 507 | 503 | 176 | 111 | 65 |
| 9 | 320 | 312 | 122 | 91 | 31 |
| Mittel | 390 | 386 | 132 | 89 | 43 |

Der Preis der Mortadellawurst ist somit so hoch, dafs efsbare Nährstoffe in derselben am teuersten eingekauft werden.

---

Die Untersuchungen über die Zusammensetzung und den Preis der verschiedenen Fleischarten und Wurstwaren haben, wie die zahlreichen oben mitgeteilten Belege zeigen, ergeben, dafs auch ein und dieselbe Gattung von Fleisch oder Wurst aufserordentlich weitgehende Unterschiede in der prozentischen Zusammensetzung aufweisen. Der Konsument, welcher eine solche Ware kauft, wird im einzelnen Falle auch nicht entfernt abschätzen können, ob er bei dem Einkauf der animalischen Nahrung mehr Eiweifs oder mehr Fett empfängt. Die Möglichkeit, dem menschlichen Körper auch bei regelmäfsigem Einkauf in Form von animalischer Nahrung täglich gleiche Mengen von Eiweifs und Fett zuzuführen, ist praktisch nicht zu erreichen.

Der Konsument ist vielmehr darauf angewiesen, durch sein Empfinden selbst die Bedürfnisfrage des eigenen Körpers zu regeln und zwar in der Weise, dafs er nach Mahlzeiten mit eiweifsreicher Zufuhr solche mit fettreicher Zufuhr folgen läfst. Erst durch das Verzehren der animalischen Kost in langen Durchschnittsfristen wird sich für den Körper ein zutreffender

Mittelwert herausstellen über die vom einzelnen aufgenommenen Nährstoffmengen.

Ich halte es deshalb für gerechtfertigt, zur Beurteilung des Nährwertes der Fleischkost bzw. der Wurstarten die zahlreichen von mir ausgeführten einzelnen Analysen trotz ihrer erheblichen Schwankungen im Mitelwerte zusammenzuziehen, weil in diesem Mittelwerte die Substanzmenge zum Ausdruck kommt, welche bei regelmäfsigem Einkauf im Fleischerladen als durchschnittliche Nährstoffzufuhr in einer längeren Zeitperiode wirklich erhalten und genossen wird.

Die nachstehende Tabelle gibt deshalb die Einkaufsmenge, die Menge des efsbaren Teiles sowie die prozentische Zusammensetzung des efsbaren Teiles als summarischen Durchschnittswert der Hauptgruppen von Fleisch und Wurst.

Tabelle XXVII.

**Mittelwert der Zusammensetzung von Fleisch und Wurst.**

| | Preis pro 250 g Pfg. | Gesamtgewicht erhalten g | Davon efsbare Teile g | In 100 g frisch efsbare Teile | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
| Rindfleisch | 48 | 263 | 244 | 41 | 24 | 17 |
| Schweinfleisch | 41 | 268 | 246 | 54 | 23 | 31 |
| Kalbfleisch | 46 | 264 | 235 | 27 | 23 | 4 |
| Hammelfleisch | 36 | 258 | 229 | 57 | 24 | 33 |
| Mittel | 43 | 263 | 239 | 45 | 23 | 22 |
| | 125 g | | | | | |
| Knackwurst | 23 | 134 | 131 | 74 | 23 | 51 |
| Leberwurst I. Qual. | 25 | 133 | 129 | 69 | 19 | 50 |
| » II. » | 20 | 143 | 140 | 65 | 16 | 49 |
| Blutwurst I. » | 25 | 134 | 127 | 66 | 26 | 40 |
| » II. » | 20 | 147 | 138 | 71 | 23 | 48 |
| Zervelatwurst | 40 | 132 | 129 | 74 | 29 | 45 |
| Mettwurst | 25 | 132 | 131 | 71 | 18 | 53 |
| Knoblauchwurst | 23 | 136 | 135 | 42 | 24 | 18 |
| Salamiwurst | 42 | 135 | 132 | 82 | 32 | 50 |
| Mortadellawurst | 38 | 138 | 137 | 34 | 24 | 10 |
| Mittel | 28 | 136 | 133 | 65 | 24 | 41 |

Es ergibt sich hieraus, dafs der Wassergehalt des efsbaren Teiles des frischen Fleisches grofse Schwankungen von 73—43 % Wasser aufweist. Das Kalbfleisch enthält am wenigsten Trockensubstanz, nämlich 27 %, dann folgt Rindfleisch mit 41 %, hierauf Schweinefleisch mit 54 % und endlich Hammelfleisch mit 57 % Trockensubstanz.

Die Ursache, welche diesen ungleichen Gehalt an Trockensubstanz bedingt, beruht jedoch ausschliefslich auf dem Fettreichtum des betreffenden Fleisches, von welchem Kalbfleisch als das fettärmste im Durchschnitt nur 4 % Fett enthält, während im Schweinefleisch und im Hammelfleisch der Fettgehalt bis 31 bzw. 33 % ansteigt.

Dagegen ist der Gehalt an Eiweifs inkl. Salzen und Extraktivstoffen in allen Fleischarten, gleichviel ob Kalbfleisch oder Hammelfleisch, nahezu derselbe und mit 23 % zu bewerten.

In den Wurstarten, bei welchen eine willkürliche Änderung der Zusammensetzung des Inhaltes durch den Fleischer nicht nur möglich ist, sondern geradezu absichtlich im Interesse der Konsumenten vorgenommen wird, herrscht, wie vorstehende Tabelle zeigt, das Bestreben vor, der Wurst vor allem einen höheren Fettgehalt zu geben. Der Wassergehalt schwankt naturgemäfs bei den Wurstarten in weiten Grenzen und ist insbesondere davon abhängig, ob dieselben als frische Wurst oder als Dauerwurst zum Genusse kommen, in welch letzterem Falle die Austrocknung durch Räuchern, wie insbesondere auch durch langes Lagern in trockner Luft zum Teil soweit getrieben wird, dafs er, wie z. B. bei Knackwurst und Cervelatwurst, im Gesamtmittel auf 26 % heruntergeht und bei Salamiwurst im Mittel der sämtlichen untersuchten Wurstproben dieser Art bis auf 18 % Wasser fällt. Prozentisch sind also die Würste sämtlich gehaltreicher an Nährstoffen. Es wird dies jedoch, wie aus obiger Tabelle hervorgeht, insbesondere durch den hohen Fettgehalt, der bei Dauerwürsten in der Regel 50 und mehr Prozent Fett des efsbaren Teiles ausmacht, hervorgerufen.

Der Eiweifsgehalt inkl. den Wurstsalzen und den Extraktivstoffen ist mit 24 % ziemlich gleich dem des frischen Fleisches.

Von Interesse erscheint weiter eine übersichtliche Zusammenstellung darüber, welche Gattung des frischen Fleisches und der Wurstwaren am vorteilhaftesten eingekauft wird. Sie ergibt sich, wenn man aus den Gesamtmittelwerten der Einzelanalysen die Nährstoffe berechnet, die für 1 Mark erhalten werden.

Tabelle XXVIII.

**Nährstoffmengen in Fleisch und Wurst für 1 Mark.**

| | Gesamtgewicht g | Efsbare Teile | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | frisch g | Trockensubstanz g | Eiweifs m. Salze etc. g | Fett g |
| Rindfleisch | 548 | 508 | 208 | 122 | 86 |
| Schweinfleisch | 654 | 600 | 324 | 138 | 186 |
| Kalbfleisch | 574 | 511 | 138 | 118 | 20 |
| Hammelfleisch | 717 | 636 | 362 | 152 | 210 |
| Mittel | 623 | 564 | 258 | 133 | 125 |
| Knackwurst | 583 | 570 | 422 | 131 | 291 |
| Leberwurst I. Qualität | 532 | 516 | 356 | 98 | 258 |
| » II. » | 715 | 700 | 455 | 112 | 343 |
| Blutwurst I. » | 536 | 508 | 335 | 132 | 203 |
| » II. » | 735 | 690 | 490 | 159 | 331 |
| Zervelatwurst | 330 | 322 | 238 | 93 | 145 |
| Mettwurst | 528 | 524 | 372 | 94 | 278 |
| Knoblauchwurst | 591 | 587 | 246 | 140 | 106 |
| Salamiwurst | 321 | 314 | 257 | 100 | 157 |
| Mortadellawurst | 363 | 360 | 122 | 86 | 36 |
| Mittel | 523 | 509 | 329 | 114 | 215 |

Nach dem Einkaufspreis ist also unter den frischen Fleischarten das Hammelfleisch am billigsten. Es wird für 1 Mark an efsbaren Teilen nicht nur die gröfste Menge von Trockensubstanz, sondern auch die gröfste Menge von Eiweifs und von Fett erhalten. Gleichwohl erfreut sich das Hammelfleisch keiner sehr grofsen Beliebtheit auch bei der ärmeren Bevölkerung. Der Grund liegt offenbar darin, dafs dasselbe eine Fettart enthält, welche vermöge ihres hohen Schmelzpunktes zu den schwer

verdaulichen Fetten gehört und aus dem Grunde auch im kalten Zustande nicht genossen werden kann.

Das Kalbfleisch ist, wie aus obiger Tabelle hervorgeht, ein Luxusfleisch, insofern es bei geringem Gehalt an Eiweifssubstanz aufserordentlich fettarm ist.

Am vorteilhaftesten für den arbeitenden Körper erweist sich unzweifelhaft das Schweinefleisch, von welchem bei gleichem Preise sehr grofse Mengen an Eiweifssubstanz, wie auch sehr reichliche Fettmengen in einer weichen, schmackhaften und leicht verdaulichen Form geboten wird.

Die Beliebtheit, welche die Wurstwaren gerade in Arbeiterkreisen so vielfach haben, ist nach vorstehenden Untersuchungsergebnissen voll berechtigt. Wenn auch das absolute Kaufgewicht, wie auch das Gewicht des frischen, efsbaren Teiles, welchen man für den Einheitspreis von 1 Mark erhält, bei den Wurstwaren etwas geringer ist als beim Einkauf des frischen Fleisches, so ergibt sich, dafs die efsbare Menge der Trockensubstanz in den Wurstsorten in der Regel erheblich gröfser ist als im frischen Fleische.

In einzelnen, von den Arbeitern vorzugsweise genossenen Wurstarten, wie Knackwurst, Blutwurst und Knoblauchwurst ist auch der Eiweifsgehalt, welchen man in diesen Würsten zum Einkaufspreise von 1 Mark erhält, ebenso grofs und zum Teil sogar erheblich gröfser als die Eiweifsmenge, welche für 1 Mark im frischen Fleische erhalten wird.

Besonders auffallend ist aber der sehr hohe Fettgehalt in den Wurstsorten, welcher im Durchschnitt sämtlicher Wurstproben 215 g Fett gegenüber 115 g Eiweifssubstanz inkl. Salzen und Extraktivstoffen beträgt.

In einzelnen Wurstarten, wie bei Leberwurst II. Qualität und auch bei Blutwurst II. Qualität, bzw. Mettwurst werden bei gleichem Einkaufspreise so grofse Mengen verabreicht, dafs sich diese Ware eigentlich fast mehr als Fett-, »wie als Eiweifsnahrung« kennzeichnet. Die Personen, welche bei geringem Einkommen darauf angewiesen sind, vorzugsweise von Pflanzenkost leben zu müssen, empfangen somit in den Wurstwaren animalische Nährstoffe, die des geringeren Preises wegen für sie sogar vorteilhafter

sind als der Einkauf von frischem Fleische und gleichzeitig gibt diese Ware Gelegenheit, neben den reichlichen Nährstoffmengen an Fett und Eiweifs und dem beträchtlichen Kalorienwerte derselben eine beliebige Abwechslung in dem Geschmackswerte herbeizuführen, was um so höher anzuschlagen ist, als diese Waren in der Regel sofort efsfertig sind, sich bequem transportieren, teilen und aufheben lassen und vermöge des reichen Gehalts an Gewürzen eine schmackhafte und die Verdauung befördernde Zugabe zur Pflanzenkost bzw. Brot bilden.

# Über die Fettbestimmung im Fleisch und Fleischwaren mittels des Gerberschen Azid-Butyrometers.

Von

Dr. med. **Toyokichi Kita.**

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Leipzig.)

Bei der Prüfung und Beurteilung des Wertes der verschiedenen Nahrungsmittel ist es notwendig, ihre Bestandteile nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ zu kennen. Die Zusammensetzung von Fleisch und Fleischwaren zeigt, wie schon der äufsere Anschein lehrt, weitgehende Unterschiede. Gerade bei Fleisch und Fleischwaren sind die Unterschiede in der quantitativen Zusammensetzung gröfser als bei den meisten anderen Nahrungsmitteln.

In der vortrefflichen Zusammenstellung, welche König[1]) in seiner »Chemie der Nahrungs- und Genufsmittel« gibt, hat die Zusammensetzung des efsbaren Teiles der Ochsenlende bei 49 ausgeführten Analysen Schwankungen, welche sich hinsichtlich des Wassergehaltes von 51,1 — 74,7 %, bei Stickstoffsubstanz zwischen 10,6—23,1 % und bei Fett zwischen 9,6—31,3 % bewegen.

Für die praktische Ernährungslehre können also Mittelwerte auch nicht entfernt Verwendung finden, um den Nährwert einer Probe auch nur einigermafsen zutreffend abzuschätzen. Es bleibt also nur übrig, das Fleisch oder die Fleischwaren in jedem ein-

1) König, Chemie der Nahrungs- u. Genufsmittel, IV. Aufl., 1903, S. 7.

zelnen Falle zu untersuchen. Bekanntlich ist die Zusammensetzung von völlig magerem bzw. fettfrei geschnittenem Fleisch normal ernährter Tiere sehr gleichmäfsig. Die Verschiedenheiten werden in erster Linie durch den wechselnden Fettgehalt hervorgerufen, welchen das Tier bei besserer oder schlechter Ernährung im Körper als Reservestoffe aufspeichert.

Die Bestimmung des Fettes in Fleisch und Fleischwaren hat aber auch mit Rücksicht auf den hohen Kalorienwert des Fettes ein grofses praktisches Interesse.

Über die Methode, das Fett in Fleisch und Fleischwaren zu bestimmen, liegen zahlreiche Arbeiten vor.

Vor allem kommt die Soxhletsche[1]) Methode in Betracht, deren Ausführung allgemein bekannt ist.

O. Franke[2]) modifiziert diese Methode, um im Fleische genauere Fettbestimmungen auszuführen in der Weise, dafs er das Fleisch zuerst mit Alkohol und dann wie gewöhnlich mit Äther in dem Soxhletapparate entfettet.

E. Voit[3]) behandelt eine grofse Menge, ca 100 g gut zerkleinerten Fleisches vorher mit Alkohol, um das Eiweifs zu einer krümeligen Masse zu verteilen und trocknet es dann bei niedriger Temperatur im Wasserbade. Die Substanz wird hierauf gestofsen und durch ein feines Drahtsieb gegeben. In einer Teilprobe erfolgt hierauf die Bestimmung des Wasser- und des Fettgehaltes, wobei letzterer in der Weise ermittelt wird, dafs mittels Äther im Soxhletschen Extraktionsapparate 24 Stunden lang extrahiert und das gewonnene Rohfett mit Petroleumäther aufgenommen und nach Filtration und Trocknen gewogen wird.

Polinanti[4]) bestimmt den Fettgehalt des Fleisches im frischen wasserhaltigen Zustande, indem er 2 g Fleisch und 2 g Quecksilber 6 Stunden lang mit 200 ccm Äther schüttelt und dann das Fett in einem Bruchteile der ätherischen Lösung bestimmt.

---

1) Soxhlet, Anleitung zur Hygiene. Untersuchung von Emmerich und Trillich, II. Aufl., S. 238.

2) Franke, Zeitschr. f. Biologie, 1897, Bd. 17, S. 549—554.

3) Voit, Zeitschr. f. Biologie, 1897, Bd. 17, S. 555—582.

4) Polinanti, Pflügers Archiv, 1898, Bd. 70, S. 366.

Liebermann und Szekeli[1]) wenden zur Fettbestimmung in Futtermitteln und Fleisch eine Methode an, welche darauf beruht, in einem Kolben von bestimmten Gröfsenmafsen die Fette der Untersuchungssubstanz mit 50proz. Kalilösung zu verseifen, die gebildeten Seifen mit Schwefelsäure zu zerlegen und die frei gewordenen Fettsäuren mit Petroleumäther auszuschütteln. Hierauf werden die Fettsäuren mit alkoholischer Kalilösung unter Zusetzung von Phenolphthalein genau neutralisiert und die gewonnene Seifenlösung im Wassertrockenschranke getrocknet und gewogen und auf Neutralfett berechnet.

Die ausgeführten Vergleichsanalysen zeigen mit der Soxhletschen Extraktionsmethode gute Übereinstimmung.

F. Tangl und J. Weiser[2]), welche nach diesem Verfahren eine Reihe von Fettbestimmungen in verschiedenen Fleischsorten ausgeführt haben, empfehlen die neue Methode wegen ihrer Genauigkeit und raschen Ausführbarkeit.

G. Rosenfeld[3]) wendet bei der Fettbestimmung im Fleische als Extraktionsmittel statt Äther Chloroform an und erhält dann nach Verdampfung dieses Lösungsmittels durch Ausziehen des Rückstandes mit kaltem absolutem Äther das reine Fett.

Alle diese Methoden verfolgen die Absicht, genauere Werte der Fettbestimmung im Fleische dadurch zu erhalten, dafs auch die geringsten in den Eiweifssubstanzen eingeschlossenen Fettmengen befreit und der Extraktion zugänglich gemacht werden, wie dies bereits von C. Dormeyer[4]) durch seine eingehenden und umfassenden Arbeiten über die quantitative Bestimmung des Fettes in tierischen Organen nachgewiesen wurde.

Wenn auch die vorstehenden Methoden bei genauer Einhaltung der Versuchsbedingungen eine zuverlässige Fettbestimmung ermöglichen, so sind sie anderseits so kompliziert und zeitraubend, dafs sie nur in einzelnen Fällen und auf besonders exakte Untersuchungen Anwendung finden. Die Möglichkeit, den

1) Liebermann und Szekeli, Archiv f. Physiol., Bd. 72, S. 360.
2) Tangl, F. und Weiser, J., Archiv f. Physiol., Bd. 72, S. 367.
3) Rosenfeld, Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genufsmittel, 1901.
4) Dormeyer, Pflügers Archiv, 1895, Bd. 61, S. 341 u. 1896, Bd. 65, S. 81.

Fettgehalt von Fleisch und Fleischwaren leicht, schnell und billig, sowie mit hinreichender Zuverlässigkeit bestimmen zu können, würde von grofser praktischer Bedeutung sein.

Während die Fettbestimmung im Fleisch und in Fleischwaren bisher noch keine Vereinfachung zu einem exakten Schnellverfahren gefunden hat, hat die Fettbestimmung in der Milch und in Molkereiprodukten erhebliche Fortschritte gemacht, welche nicht nur das Bedürfnis in landwirtschaftlichen Kreisen, sondern auch das der Analytiker zu befriedigen vermochte.

Abgesehen von der zuverlässigen aräometrischen Bestimmungsmethode des Milchfettes nach Soxhlet hat die Gerbersche Methode unstreitig die gröfste Verwendung in Laboratorien wie in der Praxis gefunden. Dieselbe ermöglicht nicht nur in der Milch, sondern auch in Butter, Rahm und Käse ganz genaue Fettbestimmungen, und die technische Einrichtung des Verfahrens ist von Gerber in dem Mafse ausgearbeitet und vervollkommnet worden, dafs diese Methode Massenuntersuchungen in kurzer Zeit und mit gröfster Genauigkeit ausführen läfst.

Es erschien mir deshalb von Wichtigkeit, festzustellen, ob die Gerbersche Methode auch bei der Fettbestimmung im Fleisch und Fleischwaren anwendbar ist und unter welchen Voraussetzungen bzw. Abänderungen das Azid-Butyrometer im Fleisch und Fleischwaren exakte Fettbestimmungen ermöglicht.

Von der Generalverkaufsstelle von Dr. N. Gerbers Molkerei in Zürich[1]) werden zwei Sorten von Butyrometer in den Handel gebracht, von welchen das einseitig offene Butyrometer in 90 gleiche Grade eingeteilt ist und bei Verwendung von 11 ccm Milch je ein Grad der Teilstriche 0,1 % Fett angibt, während das beiderseitig offene Butyrometer zur Aufnahme von gröfseren Substanzmengen bestimmt, in 100 Grade eingeteilt ist und bei Verwendung von 5 g Butter oder Käse Fettmengen für jeden Grad der Skala 1 % Fett angibt.

1) Dr. N. Gerbers Azid-Butyrometrie. Univ. Bestimmungsmethode f. alle Milcharten und Milchprodukte, 9. Aufl., 1900; Vertreter: F. Hugershoff, Leipzig.

Die nächste Frage war nun, ob bei Verwendung von Fleisch im Azid-Butyrometer eine vollkommen klare und scharf abgegrenzte Fettschicht in dem Instrument erhalten wird, um eine exakte Ablesung der Fettmenge vornehmen zu können.

Zu den Versuchen diente zunächst frisches Rindfleisch, welches in einer kleinen Fleischschneidemaschine zerkleinert und gut gemischt wurde.

In die einseitig offenen Butyrometer wurde in wiederholten Versuchen je 5 g zerkleinertes Fleisch und 10 ccm der vorgeschriebenen konzentrierten Schwefelsäure mit einem spezifischen Gewicht von 1,820—1,825 gebracht und unter öfterem tüchtigem Schütteln im Wasserbade bei 60—70° C digeriert. Die Lösung des Fleisches erfolgte hierbei so langsam, dafs erst nach 1 bis 4 Stunden die durch die Säure sehr stark gequollenen Eiweifsmassen verteilt und gelöst waren. Aus der tiefdunkelbraunen bis schwarzen Schwefelsäurelösung des Fleisches konnte auch nach Zusatz der vorgeschriebenen Menge von 1 ccm Amylalkohol trotz andauernden und wiederholten Zentrifugierens keine klare abgegrenzte Fettschicht erhalten werden.

Auch bei Anwendung von 2,5 g Fleisch und dem vorgeschriebenen Zusatz von 10 ccm Schwefelsäure konnte die Abscheidung einer klaren Fettschicht trotz Anwendung von Amylalkohol nicht erreicht werden.

Der Grund liegt offenbar darin, dafs die konzentrierte Schwefelsäure mit dem Fleisch eine so zähe und dickflüssige Masse liefert, dafs die Trennung des Fettes von der Lösung sich ungenügend vollzieht.

Versuche, die nun in der Richtung angestellt wurden, die Auflösung des Fleisches mit einer verdünnteren Schwefelsäure vorzunehmen, führten zum Ziele.

Wird 1 Volumen der konzentrierten Schwefelsäure vom spezifischen Gewicht von 1,820—1,825 mit dem gleichen Volumen Wasser verdünnt, so erhält man eine Säure, die 2,5 bzw. 5,0 g zerkleinertes Fleisch im Butyrometer so rasch löst, dafs sie unter Einwirkung der Wärme und wiederholtem Schütteln bereits nach 5—10 Minuten erfolgt ist, während die konzentrierte Schwefel-

säure erst nach 1—4stündigem Behandeln des Fleisches völlig auflösend wirkte.

Es wurde deshalb zu allen folgenden Versuchen eine Schwefelsäure von 1 Vol. konzentrierter Schwefelsäure mit 1 Vol. destilliertem Wasser in Anwendung gebracht.

Die nächsten Untersuchungen wurden zur Erörterung der Frage ausgeführt, ob bei Verwendung der verdünnteren Schwefelsäure die Benutzung von Amylalkohol zur vollständigen Abscheidung des Fettes erforderlich ist. Hierbei ergab sich, dafs bei Behandlung von 2,5 g Fleisch im einseitig offenen Butyrometer, wie bei Behandlung von 5,0 g Fleisch im beiderseitig offenen Butyrometer mittels Schwefelsäure in Verdünnung von 1:1 keine klare Fettschicht erhalten wurde, solange Amylalkohol fehlte. Es blieb häufig an der Berührungsstelle zwischen Fett und Schwefelsäure eine weifslich trübe Masse, welche trotz wiederholten Erwärmens und andauernden Zentrifugierens bestehen blieb und eine genaue Ablesung der Grenzschicht unmöglich machte.

Wurde in diesen Fällen nachträglich der vorgeschriebene 1 ccm Amylalkohol hinzugegeben und wiederum geschüttelt und zentrifugiert, so entstand in jeder Probe sofort eine klare scharf abgegrenzte Fettschicht.

Da bei der Fettbestimmung des Fleisches im Azid-Butyrometer nur relativ kleine Gewichtsmengen, 2,5 resp. 5,0 g Fleisch, zur Anwendung kommen können, ist die ganz homogene Mischung der zu untersuchenden Fleischprobe eine unbedingte Arbeitsforderung. Eine solche Mischung läfst sich in gröfseren und kleineren Fleischportionen leicht mittels der bekannten Fleischschneidemaschine vornehmen, bei welcher durch eine Spiralwalze das eingeführte, knochenfrei geschnittene Fleisch gegen eine durchlochte Stahlscheibe geprefst und hier durch ein gleichzeitig vor den Öffnungen rotierendes Messer zerkleinert wird. Auch sehr fettes Fleisch, bzw. Fleisch mit anhaftenden Stücken reinen Fettgewebes werden durch diese Fleischschneidemaschine rasch zu einem homogenen Brei verwandelt.

Ich nahm zunächst an, dafs ein dreimaliges Durcharbeiten des Fleisches durch die Fleischschneidemaschine eine so voll-

ständige Mischung der Masse ermögliche, dafs abgewogene Teilproben von 2,5 g gleichmäfsig gemischt sind.

Zur Feststellung, ob ein dreimaliges Durcharbeiten durch die Fleischschneidemaschine die vollständige Mischung bewirkt, wurden Kontrollversuche in der Weise ausgeführt, dafs von zwei verschiedenen auf obige Weise durcharbeiteten Fleischproben in 4 Einzelbestimmungen je 2,5 g frisches Fleisch abgewogen wurden und nach Auflösen des Fleisches mit Schwefelsäure und Abzentrifugieren des Fettes die Höhe der Fettschicht in Teilgraden des einseitig offenen Butyrometers abgelesen wurde.

Es ergaben sich

| Probe | Fleisch A | | Fleisch B | |
|---|---|---|---|---|
| | Fleisch g | Teilstriche Fett | Fleisch g | Teilstriche Fett |
| 1 | 2,5 | 20,0 | 2,5 | 89,0 |
| 2 | 2,5 | 22,5 | 2,5 | 89,0 |
| 3 | 2,5 | 21,0 | 2,5 | 90,0 |
| 4 | 2,5 | 25,0 | 2,5 | 90,0 |

Diese und noch andere in gleicher Art ausgeführte Untersuchungen zeigten, dafs auch nach dreimaligem Durcharbeiten des Fleisches eine völlige homogene Mischung nicht erreicht wurden.

Zu den folgenden Versuchen wurde deshalb das Fleisch, von welchem jedesmal eine Menge von 250 g frisches Fleisch zur Verwendung kam, 7 mal durch die Fleischschneidemaschine getrieben, wobei die einzelnen Portionen vor jedesmaliger Rückgabe in die Maschine noch mit einem Spatel durchknetet wurde.

Auf diese Weise wurde erreicht, dafs die Kontrollbestimmungen des 7 mal durchgearbeiteten Fleisches nunmehr völlig übereinstimmende Werte gaben.

Diese Übereinstimmung tritt ein, gleichgültig ob sehr mageres oder sehr fettreiches Fleisch zur Verwendung kommt. So wurden

bei Verwendung von 2,5 g Fleisch in dem einseitig offenen Butyrometer folgende Teilstrichwerte an Fett gefunden:

| Fleischprobe g | Fett-Teilstriche Bestimmung 1 | 2 |
|---|---|---|
| 2,5 | 4,5 | 4,5 |
| 2,5 | 37,5 | 37,5 |
| 2,5 | 12,5 | 12,0 |
| 2,5 | 7,5 | 7,5 |
| 2,5 | 23,5 | 23,5 |

Mit dem beiderseitig offenen Butyrometer und Verwendung von 5 g Fleisch ergaben sich in beiden Kontrollbestimmungen nachstehende Teilstriche für Fett:

| Fleischprobe g | Fett-Teilstriche Bestimmung 1 | 2 |
|---|---|---|
| 5,0 | 28,3 | 28,3 |
| 5,0 | 17,0 | 17,0 |
| 5,0 | 30,5 | 30,5 |
| 5,0 | 6,7 | 6,7 |
| 5,0 | 5,5 | 5,5 |
| 5,0 | 27,0 | 27,0 |

Aus diesen Bestimmungen geht somit hervor, dafs man mittels des Azid-Butyrometers aus dem frischen gleichmäfsig gemischten Fleische völlig übereinstimmende Kontrollwerte erhält.

Bekanntlich werden die Butyrometer bereits fertiggestellt und mit den eingeätzten Teilstrichen für die Fettgrade in den Handel gebracht. Es erschien mir von Interesse, zunächst festzustellen, welchen Fettmengen ein Teilstrich der von mir verwendeten Instrumente tatsächlich entspricht.

Hierzu wurde völlig reines, wasserfreies Schweinefett in genau abgewogenen Mengen in das Butyrometer gebracht und dann, wie bei der Fettbestimmung im Fleische, die Behandlung

mit Schwefelsäure, Zusatz von Amylalkohol und Auszentrifugieren des abgeschiedenen Fettes vorgenommen.

| Butyrometer Nr. | Abgewogenes Fett g | Gaben Teilstriche Fett | 1 Teilstrich entspricht = g Fett |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,3000 | 26,5 | 0,01125 |
| 2 | 0,5000 | 45,0 | 0,01111 |
| 3 | 0,8000 | 71,5 | 0,01118 |
| 4 | 0,5585 | 50,0 | 0,01117 |
| 5 | 0,7962 | 70,0 | 0,01137 |

Die Teilung der verwendeten 5 Butyrometer ist somit eine sehr genaue. Im Mittel entspricht ein Teilstrich des von mir verwendeten einseitig offenen Butyrometers 0,01122 g Fett.

Bei Verwendung der beiderseitig offenen Butyrometer, welche, wegen der gröfseren Abstände der Teilstriche auch gröfsere Fettmengen der Bestimmung zugänglich macht, wurden unter Anwendung der gleichen Versuchsanordnung wie vorher die folgenden Ergebnisse gefunden:

| Butyrometer Nr. | Abgewogenes Fett g | Gaben Teilstriche Fett | 1 Teilstrich entspricht = g Fett |
|---|---|---|---|
| 1 | 2,0000 | 41,0 | 0,0490 |
| 2 | 3,0000 | 59,5 | 0,0504 |
| 3 | 5,0000 | 100,0 | 0,0500 |
| 4 | 1,8031 | 37,5 | 0,0529 |
| 5 | 2,2704 | 46,0 | 0,0493 |
| 6 | 2,5491 | 52,0 | 0,0490 |
| 7 | 1,9658 | 40,0 | 0,0491 |
| | | Mittel | 0,0500 |

Bei Anwendung von 5,0 g Fett in dem beiderseitig offenen Butyrometer gibt somit die abgelesene Zahl der Teilstriche direkt den Prozentwert des Fettes an.

Um die Zuverlässigkeit der Fettbestimmung von frischem Rindfleische mittels des Butyrometers weiterhin zu prüfen, wurden in nachstehenden 4 Versuchen das Fett des Fleisches in 2,5 g

frischer Substanz mit dem einseitig offenen Butyrometer und in derselben Fleischprobe unter Anwendung von 5 g Fleisch das Fett mittels Äther nach Soxhlets Verfahren bestimmt und im Mittel von 2 Kontrollversuchen folgende Werte erhalten:

| Probe Fleisch 2,5 g | Teilstriche des Butyrometers | Nach Soxhlet gab 5 g Fleisch = g Fett | 1 Teilstrich g Fett |
|---|---|---|---|
| 1 | 22,1 | 0,4660 | 0,01054 |
| 2 | 12,2 | 0,2745 | 0,01121 |
| 3 | 12,2 | 0,2874 | 0,01173 |
| 4 | 79,75 | 2,3167 | 0,01162 |
| | | Mittel | 0,01127 |

Der Skalenwert für das einseitig offene Butyrometer erweist sich demnach bei der direkten Verwendung von abgewogenen Fettmengen zu **0,01122 g** Fett pro Teilstrich der Skala, während er bei der Fettbestimmung im frischen Fleische, bestimmt auf Grund des nach dem Soxhletschen Verfahren gefundenen Fettgehaltes im Fleische, sich auf **0,01127 g** pro Strich der Skala stellte. Die Ergebnisse sind somit vollkommen übereinstimmend. Für den beiderseitig offenen Butyrometer ergab sich bei dem Kontrollversuch mit Schweineschmalz der Wert des Teilstriches der Skala zu genau **0,05 g** Fett.

Um festzustellen, mit welcher Genauigkeit in ein und derselben Rindfleischprobe der Fettgehalt mittels des einseitig offenen und mittels des beiderseitig offenen Butyrometers gefunden werden kann, dienten folgende zwei Versuche, bei welchen jede Fleischprobe behufs vollständiger und sicherer Durchmischung 7 mal durch die Fleischschneidemaschine getrieben worden war.

Als Skalenwert wurde nach dem obigen Befunde mittels abgewogener Fettmengen für das einseitig offene Butyrometer die Fettmenge von 0,01122 g Fett und für das beiderseitig offene Butyrometer die Fettmenge von 0,05 g Fett in Rechnung gebracht.

| | Einseitig offenes Butyrometer | | | | Beiderseitig offen. Butyrometer | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fleischprobe I | | Fleischprobe II | | Fleischprobe I | | Fleischprobe II | |
| Verwendete Fleischmenge . . . . . | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 5,0 |
| Zahl der Skalenstriche . . . . . | 4,5 | 4,5 | 37,5 | 37,5 | 2,0 | 2,0 | 17,0 | 17,0 |
| % Fett im Fleische | 2,02 | 2,02 | 16,8 | 16,8 | 2,0 | 2,0 | 17,0 | 17,0 |

Wie man sieht, ergeben die beiden Butyrometer sehr übereinstimmende Werte.

Bei fettarmen Fleisch empfiehlt sich die Verwendung des einseitig offenen Butyrometers, da das kleinere Volumen des Skalenwertes einen gröfseren und besser ablesbaren Ausschlag in dem Instrument liefert.

Bei fettreicherem Fleisch ist die Verwendung des beiderseitig offenen Butyrometers nicht blos wegen der gröfseren Aufnahme des Fettes in dem Skalenteile des Instrumentes, sondern auch wegen der bequemen Fettbestimmung empfehlenswert, da der Skalenwert bei Verwendung von 5 g Fleisch direkt die Ablesung des Fettgehaltes in Prozenten zuläfst.

Die Bestimmung des Fettes im Schweine-, Kalb- und Hammelfleisch erfolgt in derselben Weise, wie ich sie bei den Versuchen mit Rindfleisch beschrieben habe. Der Skalenwert für das Fett bleibt derselbe, da die spezifischen Gewichte des Fettes nur geringe und bei der Bestimmung im Acid-Butyrometer nicht mehr zum Ausdruck kommende Differenzen zeigen.

Nach Benedikt Ulzer[1]) beträgt das spezifische Gewicht des Schweinefettes 0,935, das des Hammelfettes 0,940 und das des Rinderfettes 0,936 bei 15° C.

Bei Schweinefleisch, bei welchem zum Teil sehr hohe Fettwerte vorkommen, die bis zu 50 und 60% des knochenfreien frischen Fleisches ansteigen, ist naturgemäfs das beiderseitig offene Butyrometer anzuwenden.

1) Benedikt Ulzer, Analyse der Fette und Wachsarten, 1903, S. 560.

Ebenso wie im frischem Fleische gelingt die Bestimmung des Fettes in den verschiedenen Wurstsorten mittels des beschriebenen Verfahrens.

Hiebei ist zur Vorbereitung die Schale der Wurst abzuziehen, ebenso sind etwa vorhandene grobe Gewürzteile, wie Pfefferkörner, Kapern u. dgl. zu entfernen. Die Wurstsubstanz läfst sich mit der Fleischschneidemaschine ebenso bequem und vollkommen zerkleinern und durchmischen wie frisches Fleisch, nur ist auch hier ein wenigstens 5—7 maliges Bearbeiten mit der Fleischscheidemaschine erforderlich, um wirklich homogene Mischungen zu erhalten.

Während bei den Fleischwaren und Wurstsorten im Butyrometer regelmäfsig eine scharfe Abgrenzung der Fettschicht eintrat, war dies bei der Fettbestimmung bei den Fischen nicht jedesmal der Fall.

Insbesondere zeigte sich, dafs bei geräucherten Heringen, wie auch bei geräucherten Lachsheringen und Pökelheringen, namentlich dann, wenn die Fische durch das Lagern stärker ausgetrocknet waren, die Fettbestimmung mit dem Butyrometer unsicher wurde. In diesen Fällen wird nach dem Zentrifugieren zwischen der oberen klaren Fettschicht und der Fleischauflösung in der Schwefelsäure eine geringe Menge unlöslicher Substanz beobachtet, welche die Bildung einer scharfen Grenzschicht des Fettes und eine genaue Ablesung des Skalenwertes beeinträchtigt.

In solchen Fällen ist dann die Verwendung des Butyrometers nicht geeignet und mufs die Fettbestimmung nach einem anderen Verfahren, wie z. B. nach dem Soxhlet-Verfahren, vorgenommen werden.

## Schlufsfolgerungen.

1. Für Fleisch und Fleischwaren kann die Fettbestimmung mit Gerbers Acid-Butyrometer in ebenso rascher und allen praktischen Bedürfnissen entsprechender Weise ausgeführt werden, wie dies bei der Fettbestimmung von Milch und Milchprodukten bekannt ist. Um genaue und

zuverlässige Werte zu erhalten, ist bei Verwendung von Fleisch und Fleischwaren erforderlich, dafs das Material in einer Fleischschneidemaschine vollkommen sicher, wenigstens 5—7 mal, durchgearbeitet wird, um eine so gleichmäfsige Fettverteilung zu erhalten, dafs zutreffende Durchschnittsproben entnommen werden können.

2. Zur Auflösung des Fleisches, sowie zum Freimachen des Fettes empfiehlt sich die Verwendung einer verdünnteren Schwefelsäure und zwar in der Weise hergestellt, dafs 1 Volumen Schwefelsäure von 1,820—1,825 spez. Gewicht zu 1 Volumen Wasser verdünnt wird.

3. In dem einseitig offenen Butyrometer sind 2,5 g Fleisch, in dem beiderseitig offenen Butyrometer 5,0 g Fleisch zu verwenden.

4. Es empfiehlt sich, in dem einseitig offenen Butyrometer zunächst nur ca. 8 ccm und in dem beiderseitig offenen Butyrometer ca. 17 ccm der verdünnten Schwefelsäure zuzusetzen, um in dem Instrument, welches in das Wasserbad von 60—70° C gestellt wird, noch soweit Raum zu lassen, dafs ein Schütteln des flüssigen Inhaltes möglich ist.

   Sobald die Fleischsubstanz durch wiederholtes Schütteln und durch Einwirkung der Wärme vollständig gelöst ist, setzt man 1 ccm Amylalkohol hinzu und weiter soviel der verdünnten Schwefelsäure, dafs die später sich ausscheidende Fettschicht in dem Skalenrohre sich sammeln kann.

5. Das Butyrometer ist dann etwa 3—5 Minuten zu zentrifugieren und nach nochmaligem Einstellen in das Wasserbad die ausgeschiedene Fettmenge an der Skala abzulesen.

   Durch eine Wiederholung des Zentrifugierens kann man sich überzeugen, dafs die völlige Ausscheidung des Fettes eingetreten ist und die Skala einen konstanten Wert einnimmt.

6. Die Auflösung der Fleischsubstanz in der verdünnten Schwefelsäure vollzieht sich in ca. 5—10 Minuten. Ohne Zusatz von Amylalkohol erfolgt in der Regel eine unvollständige Ausscheidung und Klärung des Fettes.
7. Die Resultate mit dem einseitig, wie mit dem beiderseitig offenen Butyrometer stimmen innerhalb der minimalen Fehlergrenzen des Ablesens der Fettschichten überein.
8. Die Verwendung des beiderseitig offenen Butyrometers empfiehlt sich insbesondere bei fettreichen Fleischsorten und Wurstwaren, und auch deshalb, weil die abgelesenen Skalenwerte bei Verwendung von 5 g untersuchter Substanz direkt die Prozentwerte des Fettgehaltes angeben.

---

# Studien zur relativen Photometrie.[1]

## II. Teil.

Vom

Dozenten Dr. **Stan. Růžička.**

(Aus dem Hygienischen Institute des Prof. Kabrhel in Prag.)

### Einleitung.

Bei der hygienischen Beurteilung von Arbeitsplätzen in bezug auf ihre Beleuchtung vom Taglicht werden bisher zwei prinzipiell verschiedene Methoden in Anwendung gebracht:

1. Feststellung der absoluten Belichtungsintensität eines am betreffenden Arbeitsplatze liegenden weifsen Papierblattes mittels eines Photometers. Und zwar soll diese Messung an einem möglichst ungünstigen (dunklen) Tage vorgenommen werden.
2. Bestimmung des sogenannten (Licht-) Raumwinkels mittels des Raumwinkelmessers von L. Weber.

Der ersten Methode haftet besonders der folgende Fehler an, welcher eine Folge der Veränderlichkeit der Intensität des Taglichtes ist:

Es ist überhaupt unmöglich die Belichtung der Arbeitsplätze durch eine einfache Bestimmung der dortselbst in einem bestimmten Momente herrschenden Lichtintensitäten ohne weiteres zu charakterisieren.

---

1) Vorgelegt der Böhm. Kaiser Franz Joseph-Akademie in Prag am 29. April 1904.

[Nur bei Einhaltung ganz bestimmter Versuchsbedingungen (Ausführung der Messung unter ganz bestimmten Verhältnissen des Taglichtes im Freien) sind auf diese Weise brauchbare und vergleichbare Resultate zu erhalten. Die Prinzipien eines solchen Verfahrens — der relativen Photometrie — habe ich schon vor zwei Jahren angegeben[1]) und werde sie unten genauer auseinandersetzen und eine Methode beschreiben, welche ihre Ausführung ermöglicht].

Der Beurteilung von Arbeitsplätzen auf Grund des (Licht-) Raumwinkels ist besonders der prinzipielle Umstand hinderlich, dafs dieselbe nur das direkte Himmelslicht berücksichtigt, das von Wänden (gegenüberliegender Häuser, Wänden des Zimmers) usw. reflektierte aber unberücksichtigt läfst. Das reflektierte Licht kann aber die Belichtungsverhältnisse eines Arbeitsplatzes in sehr bedeutendem Mafse beeinflussen, so dafs der Raumwinkel ein zu ungenaues Mafs für dieselben ist. (Erismann)[2]).

Aufserdem ist die Ausführung der Raumwinkelbestimmungen, speziell das Aufzeichnen des Fensterbildes und die Auszählung der Quadrate und Quadratbruchstücke sehr schwierig und auch ungenau.

Diese Schwierigkeiten bei der Raumwinkelmessung haben Gotschlich[3]) bewogen, eine Vereinfachung der Methode nach älteren Mustern (Förster) zu suchen, denn »trotz dieser Mängel bleibt der Raumwinkelmesser immer noch unser genauestes und bestes Instrument, um die Menge des auf einen Platz entfallenden Himmelslichts zu messen«.

Weber hat bekanntlich in seinem Instrumente auf Veranlassung Cohns in sehr geistreicher Weise drei Faktoren, welche die Intensität des vom Himmelsgewölbe auf einen bestimmten Platz direkt auffallenden Lichtes beeinflussen, zur Geltung gebracht: und zwar erstens und zweitens die beiden Dimensionen (z. B. die vertikale und die horizontale) der vom betreffenden

1) Studien zur relativen Photometrie. (Archiv f. Hygiene, XLIII, besonders S. 263—264.)

2) Archiv f. Hygiene, XVII.

3) Die Tageslichtmessung in Schulen. (Klinisches Jahrbuch, 1904.)

Platze sichtbaren leuchtenden Himmelsfläche und drittens den Winkel, in welchem diese Lichtstrahlen auf den Platz auffallen. Und es ist eben die Berücksichtigung dieser beiden Dimensionen, nämlich die Ausmessung der oben erwähnten Quadrate und Quadratbruchstücke, welche bei der Raumwinkelmessung grofse Schwierigkeiten macht.

Gotschlich hat also eine einfachere Methode ausgearbeitet, indem er zwei von den drei die Platzintensität beeinflussenden Faktoren — die horizontale Dimension des Raumwinkels und den Einfallswinkel — aufser Betracht läfst und blofs den einen Faktor, die vertikale Dimension des Raumwinkels, den sogenannten Öffnungswinkel berücksichtigt, welcher Faktor »von wesentlichster Bedeutung für die Menge der einfallenden Lichtstrahlen ist«. Die noch zulässige untere Grenze für diesen Winkel setzt Gotschlich auf 4° fest. »Denn nur bei 4° noch blieben die Meterkerzenwerte stets, auch an trüben Tagen, über dem Minimum 25°.«

An zwei Schulzimmern, deren Ausmessung (Öffnungswinkel, Einfallswinkel, Raumwinkel, Meterkerzen [an hellen und auch an trüben Tagen]) der Autor zur Ausprobierung dieser Methode ausgeführt hat, stimmte es, dafs an Plätzen mit kleinerem Öffnungswinkel als 4° nie eine geringere Helligkeit als 25 Meterkerzen konstatiert wurde: als geringste Intensität bei 4° Öffnungswinkel hat Gotschlich 26,8 Meterkerzen gefunden, auffallenderweise aber bei 10° Öffnungswinkel auch nur 27,3 Meterkerzen.

Leider führt der Autor kein gröfseres Beobachtungsmaterial an; aus welchem Grunde auch eine theoretische Analyse der Grundlagen dieser Schätzungsmethode nicht angebracht erscheint.

## Prinzip der relativen Photometrie.

Mittels der bisher besprochenen zwei Methoden der Beurteilung von Arbeitsplätzen in bezug auf ihre Beleuchtung vom Taglicht sind also brauchbare Resultate nicht zu erreichen.

Ich habe also, wie schon oben erwähnt, ein drittes Verfahren eingeschlagen, welches ich relative Lichtbestimmung nenne.

Ich gehe dabei von dem Gedanken aus, dafs man durch die erste Methode — Feststellung der absoluten Belichtungsintensität am betreffenden Arbeitsplatze in Meterkerzen — brauchbare und genaue Resultate erhalten könnte, wenn von den Hygienikern eine bestimmte »normale« ungünstigste noch zulässige Intensität des Taglichtes im Freien angenommen und zu den Messungen immer gewählt werden würde, bei welcher noch Arbeit in den Schulen möglich sein soll, also auch der dunkelste Arbeitsplatz in den Schulen noch wenigstens das angenommene Minimum von Belichtungsintensität[1]) haben soll.

Am besten ist diese normale Intensität des Taglichtes im Freien durch Messung der Lichtintensität des Himmelsgewölbes im Zenit zu charakterisieren.

Material zur Ermittelung dieser normalen ungünstigsten Taglichtintensität im Freien wäre durch systematische tägliche Messungen der Intensität des Himmelsgewölbes während der in bezug auf Beleuchtung ungünstigsten Jahreszeit (etwa November bis Ende Februar) zu den ungünstigsten noch in Betracht kommenden Tageszeiten (8—9 Uhr vormittags und 3—4 Uhr nachmittags). Solche Messungen beabsichtige ich im nächsten Winter auszuführen; wären aber von möglichst mehreren Seiten erwünscht.

Nun ist es jedenfalls praktisch unmöglich bei jeder Messung eben genau diese konventionelle normale Taglichtintensität abzuwarten. Wenn es uns auch gelänge, dieselbe für einen Moment zu erwischen, so wäre sie in den meisten Fällen bei der Ausmessung des zweiten und dritten Platzes sehr oft, ja meistens wieder schon geschwunden (resp. verändert).

Aus diesem Grunde habe ich vorgeschlagen zur Ausführung der Messung immer 1. eine a n n ä h e r n d normale Taglichtintensität zu wählen und 2. die Intensitätsbestimmungen an allen fraglichen Arbeitsplätzen sowie auch die Intensitätsbestimmung des Taglichtes im Freien gleichzeitig auszuführen.

Den auf die g e n a u e konventionelle normale ungünstigste Taglichtintensität entfallenden Wert der Belichtungsintensität

---

1) Als solches wird meistens die Gesamtintensität von 20 Meterkerzen angenommen.

eines jeden Arbeitsplatzes kann man dann wohl ohne bedeutenden Fehler auf Grund einer Proportion bekommen:

Die abgelesene annähernd normale Taglichtintensität im Freien . . . . . . . . . . . . . . . . . . . $n_1$

Die konventionelle genau normale Taglichtintensität im Freien . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . $n$

Die abgelesene Intensität am Arbeitsplatze . . . . . . $J_1$

Die der konventionellen Taglichtintensität im Freien entsprechende Intensität am selben Arbeitsplatze . . . $J$

$$J : J_1 = n : n_1$$

$$J = J_1 \frac{n}{n_1}.$$

Die ganze Sache erscheint klarer an einem bestimmten Beispiel.

Nehmen wir als die konventionelle ungünstigste Taglichtintensität (am Himmelsgewölbe gemessen) 2000 Meterkerzen an. Bei der Ausmessung einer Schulklasse an einem dunklen Tage (welcher der konventionellen ungünstigsten Taglichtintensität möglichst nahe entspricht) konstatiert man an einem Arbeitsplatze 30 Meterkerzen; und die gleichzeitig im Zenit des Himmelsgewölbes konstatierte Intensität ist 2500. Aus der Proportion $J : 30 = 2000 : 2500$ ergibt sich als die der konventionellen ungünstigsten Taglichtintensität entsprechende Belichtungsintensität des betreffenden Arbeitsplatzes $J = 24$.

Man nimmt bei dieser Berechnung an, dafs sich die Belichtungsintensität eines Arbeitsplatzes in demselben Verhältnis verändert wie die Taglichtintensität im Freien, welche ihre Quelle ist. Oder anders gesagt, dafs die an einem bestimmten Arbeitsplatze herrschende Lichtintensität ein bestimmter Bruch von der Taglichtintensität im Freien ist.[1])

1) Denn die Abblendungs-, Absorptions- und Reflexionsverhältnisse, welche die Gröfse dieses Bruches bestimmen, sind z. B. bei einem bestimmten Schulzimmer, bei einem bestimmten Arbeitsplatze ein für allemal gegeben, soweit keine baulichen Veränderungen am Schulzimmer oder gegenüberliegenden Gebäuden vorgenommen werden, soweit Fenster durch keine Vor-

Die Richtigkeit dieser Annahme ist für bestimmm Bedingungen, welche bei der Ausführung der Messung eingehalten werden müssen, sehr wahrscheinlich (Messungen müssen natürlich nähere Auskunft geben).

Die Messung mufs nämlich an einem nebligen, düsteren Tage, dessen Lichtverhältnisse den konventionellen ungünstigsten entsprechen, vorgenommen werden, und zu solcher Tageszeit, während welcher sich die Sonne in möglichst ungünstiger Stellung, also möglichst tief am Horizont und möglichst weit von demjenigen Segment des Himmelsgewölbes befindet, welches den betreffenden Raum mit Licht versorgt. Also ein Raum, dessen Fenster gegen Osten gerichtet sind, mufs gegen Abend ausgemessen werden; ein westlicher Raum in der Frühe, nördliche und südliche Räume entweder abends oder früh.

Dadurch erreicht man nämlich an solchen nebligen Tagen, an welchen der Himmel ganz gleichmäfsig bedeckt ist, dafs das in Betracht kommende Segment des Himmelsgewölbes ganz diffus und sehr gleichmäfsig leuchtet. Und es ist dadurch ein sehr bestimmter Charakter des lichtspendenden Körpers gegeben.

Glücklicherweise ist es eben derjenige Charakter desselben, welcher für die hygienische Beurteilung von Arbeitsplätzen in Frage kommt: nämlich der ungünstigste.

Diejenigen Fälle, in welchen der Himmel nicht so gleichmäfsig bedeckt, oder sogar teilweise unbedeckt ist, sind in bezug auf Lichtverhältnisse immer die günstigeren. Für die hygienische Beurteilung sind aber eben die ungünstigsten Verhältnisse ausschlaggebend; der Hygieniker hat zu entscheiden, ob der betreffende Platz unter ungünstigsten noch in Betracht kommenden Verhältnissen noch genügend beleuchtet ist; um die günstigeren braucht er sich dann nicht weiter zu kümmern.

hänge u. a. verhängt, ihre Glastafeln nicht verschmutzt oder sogar weifsgestrichen werden, soweit die Aufstellung des Mobiliars im Zimmer dieselbe bleibt, der Wandanstrich keine wesentliche Veränderung erleidet und auch der Schatten der Schüler auf die Arbeitsplätze nicht fällt.

Bei Lichtmessungen müssen also Vorhänge vollkommen hinaufgezogen werden, die Reinheit der Glastafeln und des Wandanstriches etwa die ungünstigste noch geduldete sein, alle Schüler an ihren Plätzen sich befinden.

Der Umstand also, dafs die in der oben angeführten Proportion ausgedrückte Beziehung zwischen der Intensität des Himmelsgewölbes im Zenit und einer Platzintensität im Zimmer für solche günstigeren Belichtungsverhältnisse keine Gültigkeit hat — was ohne Zweifel zutrifft[1]) — tut der Richtigkeit meines Verfahrens keinen Abbruch.

---

Auf Grund der oben dargelegten Beziehungen ergibt sich nun endlich aber, dafs zur Bestimmung des Charakters eines Arbeitsplatzes in bezug auf seine Belichtung überhaupt keine absoluten Lichtintensitäten nötig sind[2]), wenn einmal der Wert der konventionellen minimalen Tageslichtintensität im Freien festgelegt ist. In solchem Falle genügt dann das Verhältnis zwischen der Tageslichtintensität und der betreffenden Platzintensität, natürlich das für die oben ausführlich besprochenen ungünstigsten Umstände geltende Verhältnis.

Wären z. B. als jene conv. min. Tageslichtintensität im Freien 2000 Meterkerzen angenommen und gälte als geringste zur Arbeit nötige Platzintensität 20 Meterkerzen, so würde das Grenzverhältnis 1 : 100 sein: Plätze mit einem Verhältnis von 1 : 101 oder noch mehr wären unterhalb dieser Grenze, Plätze mit einem Verhältnis 1 : 99 oder noch weniger wären oberhalb dieser Grenze.

Freilich kann man bei Kenntnis dieses Verhältnisses und der Minimalgrenze des Taglichtes auch die absolute Belichtungsintensität des betreffenden Platzes »unter den ungünstigsten Verhältnissen« sogleich angeben.

Also eine Lichtmessungsmethode, welche nur jenes Verhältnis bestimmen würde, würde zur Beurteilung der Tageslichtbeleuchtung von Arbeitsplätzen in Schulen usw. genügen.[3])

---

1) Direktes Sonnenlicht z. B. kann diese Verhältnisse vollkommen verändern.

2) Ebenso bei der Raumwinkelmessung und ähnlichen Methoden.

3) Ein ähnliches Prinzip liegt eigentlich auch der »Raumwinkelmessung« zugrunde, welche aber nur mit dem direkten Himmelslicht rechnet.

Zu diesem Zweck erscheint das Prinzip der chemischen Lichtmessungsmethoden besonders geeignet, wie im folgenden näher auseinandergesetzt werden soll.

Leider haben sich die von mir und von anderen auf die chemischen Lichtmessungsmethoden gesetzten Hoffnungen bei meinen systematischen Studien über diese Frage nicht bewährt.

Trotzdem halte ich es für nötig, über diese meine Studien zu berichten, um erstens diesen meinen Standpunkt in bezug auf den Wert der chemischen Lichtmessungsmethoden und zweitens meinen Übergang zu einer anderen Verfahrungsweise zu begründen.

### Systematische experimentelle Analyse der Frage, inwieweit auf Grund der „chemischen" Lichteinwirkung eine brauchbare Lichtmessungsmethode konstruiert werden kann.

Das Licht im genauen Sinne des Wortes ist bekanntlich nur ein Teil der Strahlung, welche durch verschiedene Vorgänge ausgelöst wird. Nämlich derjenige Teil dieser Strahlung, welcher, auf unseren Sehapparat treffend in uns die ganz subjektive Empfindung des »Leuchtens« hervorruft.

Und da diese Strahlen, auf verschiedene Objekte treffend, von denselben in gesetzmäfsiger Art reflektiert werden, bringen sie uns Nachrichten von diesen Objekten: wir »sehen« — wie wir sagen — diese Objekte, wir unterscheiden auf diese Art Objekte voneinander.

Auf solcher Unterscheidung beruht z. B. auch das Lesen, Schreiben und ähnliche Arbeiten. Wir unterscheiden die bekannte Form des schwarzen Buchstabens von der weifsen Fläche des Papiers usw., und wir können nur dann den Buchstaben (natürlich von genügender Gröfse und genügender Dicke) mit genügender Sicherheit und Leichtigkeit unterscheiden, wenn von dem weifsen Untergrunde eine genügende Menge Licht in unser Auge kommt (von dem schwarzen Buchstaben kommen praktisch keine Strahlen): durch diesen Kontrast ist eben die Unterscheidung ermöglicht; andersartige Kontraste als schwarz-

grauweifs oder wenigstens annähernd schwarzgrauweifs spielen bei der Seharbeit des Kulturmenschen eine ganz untergeordnete Rolle).

Dadurch kommen wir zur Frage: welche ist die genügende Menge Licht?

Auf diese Frage gibt es natürlich keine einheitliche Antwort in Meterkerzen.

Im allgemeinen ist jene Lichtmenge genügend, welche einen solchen Kontrast beim Sehen der betreffenden Objekte hervorruft, dafs eine Unterscheidung von Details in dem zum betreffenden Zwecke nötigen Mafse ohne Überanstrengung des Sehapparates möglich ist.

Bei gröberen Arbeiten genügt eine schwächere Beleuchtung, bei feineren ist eine stärkere nötig.

Für die gröberen Arbeiten ist meist fast überall ziemlich leicht die nötige Menge Licht zu haben, so dafs in diesem Punkte die Hygiene meist keine besonderen Gründe zu besonderen Vorkehrungen hat.

Es gibt aber im Leben des Kulturmenschen eine grofse Menge, sozusagen das Gros von Beschäftigungen, welche im Punkte des Lichtbedarfes in einem annähernd gleichen Mafse erhöhten Anspruch erheben, und zwar in solchem Grade erhöhten Anspruch, dafs demselben nicht so ohne weiteres fast überall in den menschlichen Aufenthaltsräumen Genüge geleistet wird (hierher gehören vor allem alle mit Schreiben und Lesen verbundenen Arbeiten und dann viele gewerbliche Beschäftigungen, welche annähernd ebensolchen Lichtbedarf haben).

Für diese Fälle hat die Hygiene also die Pflicht, um entsprechende Lichtzuführung zu sorgen und die nötigen Grundsätze auszuarbeiten.

Man ist nun durch zahlreiche Einzelbeobachtungen (besonders Leseproben als eine einfache Art der Netzhautarbeit) an vielen Individuen zu einer Anschauung gekommen, welche Lichtmenge ungefähr durchschnittlich als die minimal genügende für solche Arbeitsplätze nötig ist: als solche können etwa 20 Meterkerzen angenommen werden.

Im Grunde ist natürlicherweise also für den Hygieniker das eigentliche Mefsinstrument zur Beurteilung der Belichtung eines Platzes immer die Netzhaut bei Verrichtung ihrer Arbeit.

Diese Methode aber, mittels welcher die Mindestforderung ermittelt worden ist, kann in der Praxis nicht zu Lichtmessungen für hygienische Zwecke allgemein verwendet werden, da sie nur anzeigt, ob der betreffende Platz die minimal genügende Beleuchtung hat oder nicht, aber keine weitere genauere Auskunft gibt. Vor allem macht aber ihre Umständlichkeit ihre Verwendung für die allgemeine Praxis absolut unmöglich; da bei derselben das Mittel aus vielen Untersuchungen genommen werden mufs, weil der »Lichtbedarf« des Auges auch bei Normalsichtigen individuell schwankt und auch mit dem Ermüdungszustande der Netzhaut und der ganzen augenblicklichen Disposition wechselt.

Infolgedessen mufste sich die praktische Hygiene nach anderen, objektiven Lichtuntersuchungsmitteln umsehen, welche man — unter Festhaltung der einmal mittels der Netzhaut ermittelten Mindestforderung — zu weiteren Ermittelungen an die Stelle der subjektiven Netzhaut substituieren könnte.

Im Prinzip kann man physikalische und chemische Lichtmessungsmethoden unterscheiden.

Die physikalischen genauen Photometer beruhen auf dem direkten Vergleich der zu messenden Lichtintensität mit einer Normalflamme durch das menschliche Auge. (Aufserdem ist hierher die Webersche Raumwinkelmessung zu rechnen, welche aber nur das vom Himmel direkt auffallende Licht berücksichtigt, das reflektierte nicht, also schon aus diesem Grunde keine genaue Lichtmessungsmethode ist.)

Die chemischen Lichtmessungsmethoden beurteilen die Lichtintensität nach dem Schwärzungsgrade einer lichtempfindlichen (Silberchlorid, -bromid-, -jodid- Schicht[1]), welchen die zu messende Lichtintensität in einer bestimmten Zeit hervorgerufen hat.

---

1) Andere chemische Lichtmessungsmethoden (z. B. die Chlor-Wasserstoffgasmethode) haben nur historisches Interesse.

Es gibt aber bisher keine praktisch geeignete Methode, welche solche genau gleichzeitige Messungen mit der erwünschten Genauigkeit und für alle Fälle ermöglichen würde.

Die Benutzung der sonst aufserordentlich genauen »physikalischen« Photometer, welche auf dem Vergleich der zu messenden Lichtintensität mit einer als Einheit dienenden bestimmten Lichtquelle basieren, ist für die Zwecke gleichzeitiger Bestimmung der Lichtintensität an mehreren Plätzen erstens praktisch kaum möglich. Denn man wird sich wohl nur in seltenen Fällen so viele Exemplare von diesen teueren Apparaten verschaffen können, als Plätze gleichzeitig zu messen sind.

Zweitens ist eine genaue Messung bei diesen Apparaten nur in solchen Fällen möglich, in welchen die Farbe des zu messenden Lichtes von derjenigen der Lichteinheit nicht gar zu sehr differiert, was aber nur in einzelnen Fällen zutrifft. Z. B. das Licht der Petroleumlampe oder der Schmetterlingsflamme des gewöhnlichen Leuchtgases oder der elektrischen Glühlampe ist sehr gut mit einer Benzineinheit zu messen. Viel schwieriger aber z. B. das Sonnenlicht, Azetylenlicht, Gasglühlicht, Licht der elektrischen Bogenlampe.

Ein genauerer Vergleich zweier verschiedenfarbiger Lichtintensitäten ist bisher nur durch Zerlegung in Spektra und Vergleich der Intensitäten einzelner Teile der Spektra möglich, zu welchem Zwecke aufserordentlich teuere und komplizierte Apparate, sogenannte Spektrophotometer dienen. Der hohe Preis und die Umständlichkeit einer Lichtintensitätsbestimmung schliefsen diese Apparate schon an sich von einem ausgedehnteren Gebrauch zu hygienischen Zwecken aus.

Weber hat bei seinem Photometer eine Vereinfachung in der Richtung angestrebt, dafs er durch Vorschaltung eines roten und dann eines grünen Glases vor das Auge bei der Ablesung aus der zu bestimmenden Lichtintensität (und gleichzeitig natürlich auch aus dem Lichte der Benzinflamme) im ersten Falle nur die roten, im zweiten Falle hauptsächlich die grünen und blauen (aufserdem in starker Abschwächung die gelben und orangefarbenen Strahlen) zum Vergleich herausnimmt. Aus diesen

zwei Ablesungen (der roten und der grünen) wird die Gesamtintensität berechnet.[1])

Leider werden bei dieser Berechnung also besonders die gelben Strahlen, welche unserem Sehapparat am stärksten leuchten, sehr wenig berücksichtigt.

Der ersterwähnte Mangel der physikalischen Photometer — Schwierigkeit einer gleichzeitigen Lichtbestimmung an mehreren Plätzen — fällt bei den chemischen photometrischen Methoden fort.

Dieselben beruhen nämlich darauf, dafs die Lichtintensität nach der Gröfse einer durch dieselbe hervorgerufenen chemischen Wirkung bemessen wird, nämlich nach der Intensität der Schwärzung, welche das Licht durch Reduktion in einer Schicht eines lichtempfindlichen Silbersalzes bewirkt.

In diesem Falle können wir also sehr leicht gleichzeitig auf mehreren Plätzen Stückchen eines mit der lichtempfindlichen Schicht versehenen Papiers dem Lichte exponieren.

Auch der zweite Mangel — die Unmöglichkeit eines genauen Vergleichs zweier verschiedenfarbiger Lichtarten bei direkter Beobachtung mittels unseres Sehapparates — erscheint bei den chemischen Lichtmessungsmethoden behoben: Alle möglichen Lichtarten geben eine Verdunkelung des lichtempfindlichen Papiers in demselben Ton, es entstehen Unterschiede nur in bezug auf die Intensität der Verdunkelung.

Unter solchen Umständen erschien das Prinzip der chemischen Lichtmessungsmethoden als besonders geeignet zur Ausarbeitung einer Methode zur gleichzeitigen Bestimmung von Lichtintensitäten an vielen Stellen und ich habe keine Mühe gescheut, über seinen praktischen Wert ins klare zu kommen.

Doch stand aber bisher der Verwendung dieser chemischen Methoden zur Lichtmessung ein sehr schwerwiegender Umstand im Wege, welcher selbst von Autoren, die sich mit der Lösung

1) Eine Darstellung dieser Methode siehe in Weber, Beleuchtung, S. 55. (Weyls Handbuch der Hygiene.)

dieser Frage beschäftigen, nicht in genügendem Maſse berücksichtigt wird:

Die bisher zu diesem Zwecke verwendeten lichtempfindlichen Schichten reagieren auf verschiedene Farben (überhaupt Wellenlängen) des Lichtes in einem wesentlich anderen Intensitätsverhältnis als unser Sehapparat.

So leuchtet z. B. den gewöhnlichen photographischen lichtempfindlichen Schichten in den Spektren der üblichen Lichtquellen am intensivsten die violett-ultraviolette Partie, schwächer schon das Blau und über Grün zum Gelb verliert das Spektrum schon fast vollkommen seine Einwirkung. Für unser Auge aber leuchtet eben der gelbe Teil am intensivsten usw.

Die Verdunkelung des photographischen Kopierpapieres zeigt also zum gröſsten Teil einen anderen Teil der strahlenden Energie an als die Lichtempfindung unserer Netzhaut.

Stünden jedoch diese beiden Teile in allen Fällen im Lichte zueinander in einem konstanten quantitativen Verhältnis, so wäre es doch wenigstens zu gewissen Zwecken möglich, auch dieses nicht adäquate Meſsmittel zur Messung des vom Auge perzipierten Teiles der strahlenden Energie zu benutzen. Ein solches konstantes Verhältnis besteht aber nicht: rotgelbe Lichtarten (Petroleumlampe, Leuchtgasschnittbrenner, elektrische Glühlampe, Kerzen usw.) enthalten relativ mehr Strahlen des langwelligen (rotgelben), die weiſsen und grünlichweiſsen Lichtarten (Azetylen, elektrisches Bogenlicht, Gas-, Petroleum-, Spiritus-Glühlicht, Sonnenlicht usw.) relativ mehr Strahlen des kurzwelligen (grünblauvioletten) Endes des Spektrums; wobei noch innerhalb dieser zwei Gruppen auch noch weitere Abweichungen in der quantitativen Zusammensetzung der verschiedenen Lichtarten aus Lichtstrahlen verschiedener Wellenlänge (resp. Farbe) bestehen.

Aber selbst innerhalb einer ganz bestimmten Lichtart ist diese Zusammensetzung keine ganz konstante: der Temperaturgrad der Flamme einer Lichtart — welcher durch die Gröſse der Flamme, Temperatur, Menge, Zusammensetzung der zuströmenden

Luft, resp. durch die Stärke des elektrischen Stromes usw., modifiziert wird — bedingt Abweichungen noch innerhalb einer und derselben Lichtart.

Ja, diese »Unberechenbarkeit« geht noch weiter: Selbst das Licht innerhalb eines und desselben Raumes, welcher von einer einzigen Lichtquelle beleuchtet ist, kann sein und ist sehr oft an verschiedenen Stellen des Raumes von verschiedener Zusammensetzung, da die farbigen Flächen sehr verschiedene (in bezug auf die Wellenlänge resp. Farbe) Teile des auf dieselben auffallenden Lichtes absorbieren und den Rest — welcher also eine ganz abweichende Zusammensetzung von dem Ursprünglichen hat — in den Raum zurückreflektieren (z. B. in einem rot ausgestatteten Zimmer kann das Licht ganz auffallend rot sein).

In der Tat geben auch Versuche mit der Verwendung des gewöhnlichen photographischen Kopierpapieres bei Kontrolle mittels eines exakten Photometers in solchem Grade abweichende Resultate, dafs ein solches Verfahren als vollkommen unbrauchbar bezeichnet werden mufs (vgl. meine oben zitierte Publikation).

Aus alledem kann man einsehen, wie weit schwieriger das Problem der Lichtmessung ist, als man sich es gewöhnlich, besonders auch in hygienischen Kreisen, vorzustellen pflegt.

Es ist klar, dafs nur ein solches lichtempfindliches Papier Hoffnung auf Verwendbarkeit geben kann, welches die verschiedenen Farben qualitativ und quantitativ ebenso intensiv »sieht« wie unser Sehapparat, welches nach meiner Ausdrucksweise möglichst genau netzhautadäquat farbenempfindlich wäre.

Im Jahre 1902 habe ich den ersten Bericht über meine Methode der relativen Photometrie erstattet[1]) und habe dabei die Hoffnung ausgesprochen, die Methode mittels eines möglichst netzhautadäquat farbenempfindlichen Papiers weiter auszuarbeiten, welches ich auch in meinem Vortrag öffentlich vorführte.

Das Papier war nichts anderes als eine direkte Verbindung des Andresenschen Rhodaminpapiers mit dem Auraminlicht-

1) Archiv f. Hygiene, XLIII, und Vortrag in der k. k. Gesellschaft der Ärzte in Wien. (Wiener klin. Wochenschrift, 1902, S. 687.)

filter zu einem einfachen Papier, welche Kombination nach den bisherigen Publikationen dem Postulate der netzhautadäquaten Farbenempfindlichkeit sehr nahezukommen versprach (näheres siehe an den zitierten Orten).

Bisher hat man sich nämlich bei den Vorschlägen zur Verwendung des Andresenschen Rhodaminpapiers zur Photometrie zu hygienischen Zwecken mit der groben Erkenntnis zufriedengestellt, dafs dieses lichtempfindliche Papier infolge der Sensibilisation mit Rhodamin ein zweites Maximum der Empfindlichkeit im Gelb, welches demjenigen unserer Netzhaut entspricht, besitzt, und dafs das erste Maximum im Blauviolett mit dem Andresenschen Auraminfilter abgedämpft werden kann.

Ich habe nun bereits im Juni 1902 in meinen oben zitierten Publikationen zuerst den genauen Weg formuliert, welcher in dieser Richtung einzuschlagen ist: auf Grund der von Andresen geschaffenen Grundlagen ein lichtempfindliches Papier herzustellen, welches nicht nur das Maximum der Empfindlichkeit, sondern die Empfindlichkeitskurve in ihrem ganzen Verlauf mit derjenigen der Netzhaut möglichst kongruent hätte: welches, wie ich mich kurz ausdrückte, netzhautadäquat farbenempfindlich wäre.

Ich finde es aus gewissen Gründen angezeigt, die betreffenden Stellen hier wörtlich wiederzugeben:

Archiv für Hygiene, Bd. XLIII, S. 240: »Unsere Netzhaut hat, wie schon erwähnt, ihr Empfindlichkeitsmaximum im gelben Teile des Spektrums und vom Gelben klingt nach beiden Seiten die Empfindlichkeit ab (unsere Netzhaut empfindet einerseits das Orange, Rot, anderseits das Grün, Blau, Violett, aber die ultraroten und die ultravioletten Strahlen nicht mehr). Es liefse sich sicher eine Kurve konstruieren, welche dieses Abklingen graphisch darstellen würde. Es fragt sich nun, ob auch für das Andresensche und das meinige Papier die Empfindlichkeitskurve für das »Gelbmaximum« genau dieselbe wäre« (nämlich wie für die Netzhaut), »denn nur dann wäre dieses Papier ein ganz genau adäquates Mafs für die Empfindungen der Netzhaut. — A priori kann man sagen, dafs es ein besonders günstiger Zufall wäre,

wenn dies zutreffen würde. Eine genaue Beantwortung dieser Frage wird aber sehr viel experimentelle Arbeit erfordern, welche ich noch nicht Gelegenheit hatte auszuführen«. — Und ebendaselbst S. 265 und 266: »Aber selbst dann, wenn sich die relative Lichtmessung aus dem Grunde theoretisch als unnötig erweisen sollte, dafs mein Papier als praktisch genügend netzhautadäquat empfindlich sich bewähren würde oder in diesem Sinne noch verbessert werden würde . . .« und Anmerkung 1: »Der Weg dazu ist theoretisch ganz klar und sicher gegeben: Das Filter so herzustellen, dafs es noch das blauviolette Ende — welches allerdings aber nur einen ganz geringen Anteil an der Leuchtkraft der üblichen Lichtarten hat — ‚sehe‘. Eventuell auch noch durch andere Sensibilisation die Form der Empfindlichkeitskurve des Papiers für verschiedene Lichtstrahlarten derjenigen der Netzhaut näher zu bringen«.

Auf Grund dieser Prinzipien habe ich nun meine Studien fortgesetzt.

Dabei waren aber auch noch andere Umstände — aufser der möglichst genau netzhautadäquaten Farbenempfindlichkeit — zu berücksichtigen, wenn man eine sichere Entscheidung über die Verwendbarkeit der »chemischen« Lichtmessungsmethoden erreichen wollte:

Das lichtempfindliche Papier mufs in immer genau derselben Qualität herstellbar sein — und da das unten zu beschreibende Präparat nur in grofsen Quantitäten hergestellt werden kann — auch in seiner Qualität möglichst absolut haltbar sein.

**Herstellung eines möglichst genau netzhautadäquat lichtempfindlichen Papiers.**

Zum genauen Studium dieser Frage ist es nötig, Photographien des Spektrums auf dem fraglichen Papier herzustellen, um zu ermitteln, in welcher Intensität die verschiedenen Teile des Spektrums auf dasselbe einwirken.

Zu diesem Zwecke dienen sogenannte Spektrographen. Der Spektrograph ist im Prinzip ein mit einer photographischen

Kamera verbundener Spektroskop: der Spektroskop entwirft nämlich in der photographischen Kammer ein objektives Spektrum, welches auf das darin exponierte lichtempfindliche Papier einwirkt. Durch dieses Verfahren ist es ermöglicht, die verschiedene Empfindlichkeit des Papiers in bezug auf die verschiedenen Farben des Lichtes zu studieren.

Die Andresensche Kombination von Rhodaminpapier mit Auraminfilter hat sich bei näherer Untersuchung in der Richtung als nicht befriedigend herausgestellt, dafs das blauviolette Ende des Spektrums bis zur Wellenlänge 515 sehr stark absorbiert wird, so dafs ein nicht unbedeutender Teil des Spektrums, welcher unserem Sehapparat noch leuchtet, die erwähnte Kombination praktisch vollkommen unbeeinflufst läfst.

Ich habe nach vielfachen Experimenten[1]) eine in dieser Richtung weit besser geeignete Filterschicht gefunden, welche den blauvioletten Teil des Spektrums in solchem Mafse nur abschwächt, dafs derselbe etwa in demselben quantitativen Verhältnis das Rhodaminpapier beeinflufst wie unseren Sehapparat.

Die Filterschicht wird auf die folgende Art hergestellt:

1 l einer heifs gesättigten dann abgekühlten und filtrierten alkoholischen Lösung von Acridinorange NO[2]),
100 ccm Alkohol,
400 g weifsen Schellacks,
20 g Auramin O.

Unter häufigem Umschütteln wird die vollkommene Auflösung abgewartet und dann durch Watte sorgfältig filtriert, es mufs möglichst absolut frei von korpuskulären Bestandteilen sein.

Die Applikationsweise der Filtermasse auf das Rhodaminpapier wird weiter unten beschrieben werden.

Die Kombination dieses Filters mit dem Rhodaminpapier hat eine ganz überraschende Übereinstimmung der Empfindlich-

1) Grofse Dienste hat mir dabei das Werk von J. Formánek, Spektralanalytischer Nachweis künstlicher organischer Farbstoffe, Berlin, 1900, erwiesen.

2) Aus den Farbwerken Mühlheim, vorm. Leonhardt & Komp., Mühlheim am Main bei Frankfurt am Main.

keitskurve im Spektrum mit der Empfindlichkeitskurve der Netzhaut.

Zum Studium dieser Frage war es natürlich nötig, die quantitative Empfindlichkeitskurve erstens des Papiers und zweitens der Netzhaut in bezug auf dasselbe Spektrum zu konstruieren.

Das Verfahren, welches ich zu diesem Zwecke angewandt habe, soll im folgenden beschrieben werden.

Die Empfindlichkeitskurve des Papiers habe ich nicht auf die in der Photochemie übliche Art nach dem fertigen Spektrogramm[1]) gezeichnet, sondern auf Grund von Empfindlichkeitsmessungen in den einzelnen Teilen des Spektrums auf folgende Art konstruiert: Ein Streifen des Papiers wurde im Spektrographen der Einwirkung des Spektrums einer Gasschnittflamme durch 16 Stunden exponiert.

Dieser Streifen (Nr. 1) wurde aufgehoben und ein anderer frischer Streifen (Nr. 2) in den Spektrographen in gleicher Weise für 16 Stunden eingelegt. Beide Streifen zeigten in der Gegend der Natriumlinie *D* eine gleiche leichte maximale Schwärzung (im Bereiche der Wellenlängen 580—595). Der zweite Streifen wurde nun weitere 24 Stunden demselben Spektrum exponiert: die maximale Schwärzung in der Natriumliniengegend erschien dunkler, und erst in der Gegend der Wellenlänge 560 einerseits (gegen das violette Ende des Spektrums) und in der Gegend der Wellenlänge 604 anderseits (gegen das rote Ende des Spektrums) fiel die Intensität der Schwärzung bis zu derjenigen ab, welche der maximal wirkende Teil des Spektrums schon nach 16 Stunden aufwies.[2])

An diesen zwei Punkten brauchte also das Spektrum 40 Stunden, um denselben Verdunkelungsgrad hervorzurufen, wie es die Stelle 580—595 (Wellenlänge) in 16 Stunden zustande brachte. Man kann dies auch so ausdrücken, dafs mein lichtempfindliches

1) Die übliche Art, bei welcher eine Vergröfserung der Dunkelheit durch willkürlich gewählte Vergröfserung der Steilheit der Kurve ausgedrückt wird, ist für solche Zwecke unzureichend.

2) Durch Vergleich mit der Maximalschwärzung am Streifen Nr. 1 festgestellt.

Papier den Wellenlängen 560 und 604 beim benutzten Spektrum zweieinhalbmal weniger empfindlich ist als den Wellenlängen 580—595 gegenüber, weil zu derselben Verdunkelung in den Gegenden 560 und 604 eine zweieinhalbmal so lange Einwirkung nötig war wie in der Gegend 580—595.

Durch weitere 24 Stunden Einwirkung (im ganzen 64 Stunden Einwirkung) desselben Spektrums auf den Streifen (Nr. 2) »verschob« sich die in 16 Stunden bei der *D*-Linie erreichte Verdunkelung bis zu den Wellenlängen 522 und 618: Für diese Wellenlängen des benutzten Spektrums ist also das Papier viermal $\left(\frac{64}{16} = 4\right)$ weniger empfindlich als für die Wellenlängen 580 bis 595.

Auf solche Art wurde die Exposition durch 11 Tage fortgesetzt und die Fortrückung des bestimmten gewählten Verdunkelungsgrades bis fast zu den äufsersten Enden des sichtbaren Spektrums verfolgt.

Das Resultat zeigt die folgende Tabelle.

Die Mitte solcher Verdunkelung in den verschiedenen Teilen des Spektrums (Schmetterlingflamme des Prager Leuchtgases) wurde nach folgenden Expositionszeiten konstatiert:

Tabelle I.

| Wellenlänge | Expositionsdauer in Std. | Wellenlänge | Expositionsdauer in Std. |
|---|---|---|---|
| 456 | 256 | 604 | 40 |
| 485 | 160 | 618 | 64 |
| 496 | 136 | 650 | 88 |
| 502 | 112 | 664 | 112 |
| 510 | 88 | 672 | 136 |
| 522 | 64 | 690 | 160 |
| 560 | 40 | 714 | 256 |
| 580—595 | 16 | | |

Durch graphische Darstellung der Werte der ganzen Tabelle (wobei Maximum der Empfindlichkeit 16 mm gesetzt ist) erhalten wir eine Empfindlichkeitskurve, welche anzeigt, von welcher (relativen) Intensität die einzelnen Teile des Spektrums in ihrer Einwirkung auf das empfindliche Papier sind. (Figur 2.)

Bei Spektren anderer Lichtarten würden natürlich diese Verhältnisse voraussichtlich zweifellos etwas anders erscheinen, da z. B. beim Sonnenlicht der blauviolette Anteil des Lichtes stärker ist als beim gewöhnlichen Gaslicht usw.

Nun galt es, die analoge Empfindlichkeitskurve der Netzhaut für dasselbe Spektrum zu konstruieren.

Als Mefsprinzip mufste dabei im Grunde natürlich die Differenzierungskraft der einzelnen Teile des Spektrums in bezug auf schwarzen Druck auf dem Untergrunde der betreffenden Farbe aufgenommen werden und nicht ihre einfache Lichtstärke. Diese Differenzierungskraft des Lichtes ist nämlich eben das, was das Sehen — und besonders die Hygiene des Sehens — vor allem interessiert; und die Lichtstärke geht in den verschiedenen Farben mit der Differenzierungskraft des Lichtes nicht genau parallel.

Aus diesem Grunde mufste auch zu diesem Zwecke ein Spektrum von solcher Intensität gewählt werden, welches die Unterschiede in bezug auf Differenzierungskraft zwischen allen Teilen des Spektrums zutage treten lassen würde; also weder blendend starkes noch gar zu schwaches Spektrum; sondern ein solches, dessen intensivster Teil das etwa optimale Sehen eines gewöhnlichen Druckes ermöglichen würde. Die anderen Teile bilden dann alle Stufen und Übergänge bis zur absoluten Unsichtbarkeit des Probedruckes.

(Dasselbe Spektrum wurde auch zur oben beschriebenen Konstruktion der Empfindlichkeitskurve meines lichtempfindlichen Papiers benutzt.)

Ich habe somit die Konstruktion der Empfindlichkeitskurve der Netzhaut für dasselbe Spektrum — für welches die Empfindlichkeitskurve meines lichtempfindlichen Papiers konstruiert worden ist — auf die folgende Art ausgeführt:

Feines, auf einer Seite mit kleinem passendem Druck bedrucktes Papier wurde durch Einölen durchsichtig gemacht und auf das anstatt der Kassette in den Spektrographen eingeschobene Visiermattglas befestigt, so dafs es von dem Spektrum durchleuchtet war (die Zeilen des Druckes senkrecht auf die

Längsachse des Spektrums). Es erschien bei dieser Anordnung der Druck in den einzelnen Teilen des Spektrums verschieden deutlich lesbar: am besten in der Mitte des Spektrums, und gegen die Enden des Spektrums wurde er immer undeutlicher bis ganz unsichtbar. (Der Versuch ist in der Dunkelkammer ausgeführt worden.) Die quantitative Beziehung dieser verschiedenen Gröſse der Deutlichkeit in den einzelnen Teilen des Spektrums resp. *der Gröſse der Sehschärfe in den einzelnen Teilen des Spektrums* wurde durch Bestimmung der Leseweiten des Druckes in den verschiedenen Teilen des Spektrums festgestellt.

Und zwar wurde die maximale Leseweite (36 cm) etwas seitwärts (gegen das rote Ende des Spektrums) von der D-Linie gefunden; $2^1/_4$ mm von diesem Maximum beiderseits die Leseweiten 32 cm, $4^1/_2$ mm beiderseits 30 cm usw. (s. die beigefügte Tabelle).

Tabelle II.

| | In der Entfernung vom Punkte der maximalen Leseweite | Leseweite in Zentimeter |
|---|---|---|
| gelbgrün-blauviolette Hälfte des Spektrums | $15^3/_4$ mm | 8 |
| | $11^1/_4$ » | 22 |
| | 9 » | 26 |
| | $6^3/_4$ » | 29 |
| | $4^1/_2$ » | 30 |
| | $2^1/_4$ » | 32 |
| Maximale Leseweite (Wellenlänge etwa 600) | | 36 |
| orangerote Hälfte des Spektrums | $2^1/_4$ mm | 32 |
| | $4^1/_2$ » | 30 |
| | $6^3/_4$ » | 29 |
| | $11^1/_4$ » | 22 |
| | $13^1/_2$ » | 12 |

Es handelt sich uns nun aber darum, eine Empfindlichkeitskurve für die Netzhaut zu bekommen, welche mit derjenigen für das Papier vergleichbar wäre. Der letzteren liegen die Intensitäten der Lichtwirkung in den verschiedenen Teilen des Spektrums zugrunde. Wir müssen also auch zur Konstruktion der analogen Kurve für die Netzhaut die konstatierten Lese-

weiten für die einzelnen Teile des Spektrums durch entsprechende Lichtintensitäten ersetzen.

Dies habe ich auf folgende Art ausgeführt: Die zur Bestimmung der Leseweiten im Spektrum benutzte Druckprobe wurde in verschiedenen Entfernungen von einer kleinen Lichtquelle (in der Dunkelkammer) aufgestellt und für jede Entfernung die Leseweite (wieder natürlich für mein Auge) festgestellt. (Es wurde dabei, wie bei der Bestimmung der Leseweiten im Spektrum, von der maximalen zur minimalen fortgeschritten.)

Die Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle III.

| Entfernung der Druckprobe von der Lichtquelle in Zentimetern | Leseweite in Zentimetern |
|---|---|
| 10 | 40 |
| 20 | 35 |
| 30 | 32 |
| 40 | 28 |
| 50 | 21 |
| 60 | 17 |
| 70 | 9 |
| 80 | 8 |
| 90 | überhaupt unlesbar. |

Setzen wir die Lichtintensität in der Entfernung von 80 cm von der Lichtquelle gleich 1, so bekommen wir daraus die folgende Tabelle:

Tabelle IV.

| Lichtintensität | Leseweite in Zentimetern |
|---|---|
| 64,0 | 40 |
| 16,0 | 35 |
| 7,1 | 32 |
| 4,0 | 28 |
| 2,6 | 21 |
| 1,8 | 17 |
| 1,1 | 9 |
| 1,0 | 8 |



Fig. 1.

Die beigefügte Kurve gibt die graphische Darstellung dieser Beziehung.

Auf Grund dieser Kurve kann man nun in der Tabelle II die Leseweiten durch entsprechende Lichtintensitäten ersetzen, wodurch die folgende Tabelle entsteht:

Tabelle V.

| | In der Entfernung vom Punkte der maximalen Leseweite | Licht-intensität |
|---|---|---|
| gelbgrün-blauviolette Hälfte des Spektrums | 15 3/4 mm | 1,0 |
| | 11 1/4 » | 2,6 |
| | 9 » | 3,7 |
| | 6 3/4 » | 5,0 |
| | 4 1/2 » | 6,0 |
| | 2 1/4 » | 7,0 |
| Maximale Leseweite (Wellenlänge etwa 600) | | 20,0 |
| orangerote Hälfte des Spektrums | 2 1/4 mm | 7,0 |
| | 4 1/2 » | 6,0 |
| | 6 3/4 » | 5,0 |
| | 11 1/4 » | 2,6 |
| | 13 1/2 » | 1,2 |

I. Empfindlichkeitskurve der Netzhaut.
II. Empfindlichkeitskurve meines lichtempfindlichen Papiers.
Fig. 2.

Die graphische Darstellung dieser Lichtintensitätstabelle für die Netzhaut in bezug auf die einzelnen Teile des Spektrums gibt die Kurve B (Maximum gleich 16 gesetzt, um den Vergleich mit den Lichtintensitätskurven für die lichtempfindlichen Papiere zu erleichtern).

Es zeigt sich also eine überraschende Übereinstimmung zwischen der Empfindlichkeitskurve meines lichtempfindlichen Papiers und derjenigen der Netzhaut in bezug auf die verschiedenen Gattungen von Lichtstrahlen.

Man kann bildlich sagen: das Papier »sieht« sehr annähernd so wie unsere Netzhaut, natürlich alles nur in einem Ton.

---

Leider hat sich aber dieses theoretisch in so hohem Maſse interessante Papier trotz sehr erschöpfender systematischer Studien und Versuche doch zur Lichtmessung als ungeeignet erwiesen, so daſs ich auf Grund meiner ausgedehnten Erfahrungen auf diesem Gebiete überhaupt die Möglichkeit der Verwendbarkeit der chemischen Lichtmessungsmethoden zu nur einigermaſsen genaueren Messungen für gleich Null halte.

Trotzdem halte ich es für notwendig, die Herstellungsweise des Papiers, sowie meine Versuche, es zu Lichtmessungen verwendbar zu machen, im folgenden zu beschreiben, um meinen obigen Standpunkt zu begründen.

### Methode zur Herstellung meines lichtempfindlichen Papiers in möglichst genau bestimmter und homogener Qualität.

Sehr grofse Schwierigkeiten hat bei der Herstellung des Papiers die in der Überschrift dieses Kapitels angedeutete Forderung gemacht.

Zu diesem Zwecke ist es nötig:

1. Ein Substrat (Papier u. dgl.) zur Imprägnierung zu haben, welches immer in a) genau derselben und b) genau homogenen Qualität erhältlich bzw. herstellbar wäre.
2. Eine Methode zu haben, mittels welcher es möglich wäre, dieses Substrat jederzeit in genau derselben (und natürlich auch genau homogenen) Intensität zu imprägnieren.
3. Eine Methode zu haben, mittels welcher es möglich wäre, das Papier jederzeit mit einer Filterschicht von genau derselben (und natürlich auch genau gleichmäfsigen) Dicke zu überziehen.

Bisher hat man (Wiesner, Andresen) in der Weise bei der Imprägnierung verfahren, dafs ein Stück photographisches Rohpapier (sogar ohne genauere Angabe einer bestimmten Qualität) in der Lösung eine bestimmte Anzahl von Minuten gebadet, dann aus der Flüssigkeit herausgenommen und vertikal aufgehängt getrocknet wurde.

Sein Filter stellte Andresen in der Weise her, dafs er ausfixierte und rein ausgewaschene, unbenutzte photographische Bromsilbergelatineplatten nach Trocknung 10 Minuten unter fortwährender Bewegung der Schale in wässeriger Auraminlösung 1 : 60 badete, hierauf während 1 Minute in viel Wasser abspülte und dann trocknete.

Diesem Verfahren haftet eine Reihe Fehlerquellen an, welche ich dadurch zu beseitigen suchte, da es sich mir um ein möglichst vollkommenes Präparat handelte.

Für die Zwecke, welche Andresen z. B. verfolgte, war die Genauigkeit seines Verfahrens allerdings anscheinend genügend. Es handelte sich um Bestimmung des Anteils der Sonnenstrahlen, welcher durch die Atmosphäre absorbiert wird. Und es wird in dieser Richtung noch mit Angaben gerechnet, welche zwischen 8,5° (Andresen) und 41,1° (Lambert) sich bewegen.

Lichtbestimmungen aber für hygienische Zwecke müssen relativ weit genauer sein, wenn sie überhaupt Wert haben sollen.

Deswegen war es mein Bestreben, die Methode der Herstellung des Papiers, soweit als es möglich ist, von allen Fehlerquellen zu befreien.

1. Ich wählte eine bestimmte Marke des photographischen Rohpapiers Rives feinster Qualität von ganz glatter Oberfläche (aus der Fabrik photographischer Papiere E. A. Just & Komp., Wien, in Rollen à 24,75 m breit zu 20 Kronen).

Allerdings ist es schwer zu sagen, in welchem Mafse Garantie vorhanden ist, dafs selbst eine solche, ganz feine und ganz bestimmte Marke immer in genau derselben und genau homogenen Qualität erhältlich sein würde. Es läfst sich aber dabei nichts weiter machen.

Ich versuchte — da ich die Garantie, welche in einer bestimmten Fabrikmarke liegt, nicht für befriedigend hielt — ein anderes Substrat als Papier zu verwenden.

Vor allem Gelatinefolie, welche in bezug auf Aufsaugungsfähigkeit als sehr homogen und sehr konstant betrachtet werden kann. Aber solche Folien verkrümmen sich vollkommen bei mehrfacher Tränkung und nachfolgender Trocknung; so dafs sie zu diesem Zwecke unbrauchbar sind.

Auch auf Papier aufgetragene Gelatineschicht hat sich als ungeeignet erwiesen.

Der nächste Gedanke war, anstatt das Papier mit Silber zu imprägnieren, es mit Bromsilberemulsion zu überziehen und

der Bromsilbergelatineemulsion die Sensibilatoren direkt einzuverleiben.

Die spektrographische Untersuchung hat auch das günstige Resultat ergeben, dafs sich in Gelatine emulgiertes Bromsilber auf dieselbe Art mit Rhodamin und Natriumnitrit sensibilisieren läfst, wie im Rohpapier direkt suspendiertes Bromsilber, und dafs ein solches mittels sensibilisierter Bromsilbergelatineemulsion hergestelltes Präparat ebenso haltbar ist wie das gewöhnliche Andresensche Rhodaminpapier.

Es ist aber eine technische Unmöglichkeit, immer eine Emulsion von absolut gleichem Silbergehalt und absolut gleicher Feinheit herzustellen. Ferner ist es auch kaum möglich, zu erreichen, dafs immer eine absolut genau gleich dicke Schicht von Gelatineemulsion aufgetragen würde.

Diese Schwierigkeiten habe ich versucht dadurch zu umgehen, dafs ich einen Überschufs von Emulsion auftrug[1]) (eine so dicke Schicht, dafs die Lichtstrahlen die tiefsten Bromsilberteilchen überhaupt nicht mehr erreichten).

Leider hat sich bei diesem Verfahren wieder der Fehler eingestellt, dafs sich die in der Emulsion ursprünglich gleichmäfsig verteilten Sensibilatoren in der vom Rande aus gegen das Zentrum austrocknenden Emulsion beim Trocknen ungleichmäfsig verteilten: Ein Blatt auf diese Art hergestellten Rhodaminpapiers zeigt bei Lichteinwirkung konzentrische Ungleichmäfsigkeiten.

Es blieb mir also nichts übrig, als bei dem oben bezeichneten Rohpapier als Imprägnierungssubstrat zu bleiben.

2. Die von Andresen u. a. geübte Methode der Imprägnierung des Papiers leidet an dem Umstand, dafs ein aus der Flüssigkeit herausgenommenes und vertikal zur Trocknung aufgehängtes Papier in seinem oberen Teile zuerst austrocknet, wobei sich die überflüssige Lösung in den unteren Teil hinsaugt und hier durch Wasserverdampfung konzentriert wird, also das Papier stärker mit dem betreffenden Salze imprägniert.

---

1) Die durch Zusatz von Rhodamin und Natriumnitrit sensibilisierte Emulsion wurde auf eine ausnivellierte Papierfläche in einer $2^1/_2$ mm dicken Schicht ausgegossen und austrocknen gelassen.

Diesen Fehler in der Gleichmäfsigkeit habe ich auf die folgende Art ausgeschaltet:

Ich ziehe einen langen ($2^1/_2$ m) Streifen des Rohpapiers in bestimmter und gleichmäfsiger Schnelligkeit mittels eines Uhrapparates ($2^1/_2$ m passieren in $^1/_2$ Stunde) durch die betreffenden Lösungen, anstatt das Papier in den Lösungen eine bestimmte Zeit zu baden.[1])

Dadurch wird es erreicht, 1. dafs jedes Stück des Streifens eine bestimmte Zeit in der Lösung verweilt (eine bestimmte Schicht der Lösung und eine bestimmte Bahn, auf welcher der Papierstreifen die Lösung passiert) und 2. dafs das aus der Lösung heraustretende Papier infolge der ganz langsamen Fortbewegung nur sehr wenig überflüssige Lösung mitnimmt, so dafs jene Ungleichmäfsigkeit weit geringer ist und aufserdem nicht weit vom Anfang des Streifens sich immer durch von oben nachrückende Lösung ausgleicht. Das Stück am Anfang des fertigen Streifens wird von Benutzung deswegen ausgeschlossen.

### Methode zur direkten Verbindung der lichtempfindlichen Schicht mit der Filterschicht.

Andresen benutzte bekanntlich zu seinen Versuchen Rhodaminpapier, auf welches er bei der Exposition sein Auraminfilter immer einfach auflegte.

Es ist aber sehr schwer möglich, nach Andresens Methode konstruierte Filter immer in genau derselben Qualität zu bekommen. Besonders aus dem Grunde, dafs keine Garantie vorliegt, dafs man Bromsilbergelatineplatten von genau derselben Dicke der Gelatineschicht bekommen würde.

1) Ich verwende dazu einen Glastrog (58 × 12 × 12 cm), welcher in einem auf 15 cm hohen Füfsen aufgestellten, etwas gröfseren, aber nur 4 cm hohen Blechtrog auf die eine Längskante des Bodens aufgestellt wird. (Der Blechtrog mit unterstellter Gasflamme dient bei Gelatinelösungen als erwärmendes Wasserbad.) Die Lösungen bedecken also nicht den ganzen Boden, sondern nur etwa seine Hälfte und den entsprechenden Teil der Seitenwand des Troges. Der die Flüssigkeit passierende Papierstreifen wird durch ein freiaufliegendes, dickes, mit Bleischrot gefülltes und verkorktes Glasrohr in der Trogkante niedergehalten.

Ich habe also ein Verfahren ausgearbeitet, mittels welchem es erreicht wird, dafs die Filterschicht unmittelbar auf das Rhodaminpapier aufgetragen wird. Und zwar geschieht dies mittels Durchziehens durch die oben beschriebene Filtermasse, was wieder durch den oben beschriebenen Uhrenapparat usw. geschieht, so dafs also eine fast absolut bestimmte und gleichmäfsige Schnelligkeit in Anwendung kommt.

Aufser der Forderung einer möglichst absolut bestimmten und gleichmäfsigen Dicke der Filterschicht war dabei aber noch eine zweite viel schwieriger praktisch ausführbare Forderung zu erfüllen:

Es mufste dazu eine Methode des Auftragens der Filterschicht gefunden werden, bei welcher die Rhodaminsilberschicht von der flüssigen Filterschicht vollkommen unberührt bleiben würde.

Die erste Methode, welche ich mit Andresen zur direkten Verbindung dieser beiden Schichten zuerst angewendet habe — direktes Überziehen des Rhodaminpapiers mit auramingefärbtem Celloidin — hat sich bei genauerer Prüfung als unbrauchbar erwiesen. Besonders aus dem Grunde, dafs das Auramin bei diesem Verfahren mit dem Silber in Berührung kommt und seine Lichtempfindlichkeit ändert.[1]) Aufserdem beeinflufst auch das Celloidin selbst im wesentlichen Mafse die Empfindlichkeit des Bromsilbers.

Mein Bestreben mufste also dahin gehen, jede Berührung zwischen diesen beiden Schichten zu vermeiden: also die Rhodaminbromsilberschicht zuerst mit einer Deckschicht zu versehen, und auf diese erst die Filterschicht aufzutragen.

Dabei galt es folgende, einander mehrfach kreuzende Forderungen zu erfüllen:

Die Deckschicht mufs möglichst absolut durchsichtig und homogen sein; durch ihre Auftragung auf die Rhodaminsilberschicht darf keine Beeinflussung der Empfindlichkeit der letzteren erfolgen. Im fertigen, trockenen Zustande mufs sie für die im flüssigen Zustande aufgetragene Filterschicht absolut

1) Auramin sensibilisiert Bromsilber mit einem Maximum im blauen Teile des Spektrums (Andresen).

undurchdringlich sein. Endlich mufs die Deckschicht zur Auftragung mittels des oben beschriebenen Apparates geeignet sein.

Die Filtermasse mufs in flüssigem Zustande so beschaffen sein, dafs sie beim Auftragen auf die Deckschicht in die letztere nicht eindringt. Sie mufs einen amorphen, durchsichtigen Körper in Lösung erhalten, welcher nach Verflüchtigung des Lösungsmittels die grofse Menge der in der Filtermasse enthaltenen Farbstoffe in aufgelöster Form aufzunehmen vermag, so dafs dieselben nicht auskristallisieren.

Nach ungemein zeitraubenden Versuchen hat sich endlich als geeignete Deckmasse Gelatine und als geeignete Filtermasse die oben angegebene herausgestellt.

Bei der Filtermasse mufste besonders auch jene Konsistenz (Gehalt an Schellack) und jene Konzentration der Farbstoffe ausprobiert werden, bei welcher beim Durchziehen des Papierstreifens mit der bestimmten Schnelligkeit durch die Filtermasse eine gerade so dicke Schicht der Filtermasse am Papier haften bleibt, dafs sie die Empfindlichkeitskurve desselben eben in der oben beschriebenen Weise modifiziert.

### Beschreibung der ganzen Herstellungsmethode des neuen lichtempfindlichen Papiers.

Die wesentlichsten Punkte derselben sind fast alle oben schon erörtert worden.

Es erübrigt nur noch einen weiteren hier hervorzuheben.

Bei der Herstellung des Rhodaminpapiers, wie sie Andresen beschrieben hat[1]), mufs nach dem zweiten Bade das überschüssige Silbernitrat vollkommen aus dem Papier ausgewaschen werden. Dies ist bei kleineren Stücken des Papiers zwar unschwer auszuführen, aber bei langen Streifen, wie sie bei meiner Methode angewendet werden müssen, ist dies ohne ganz besondere Vorrichtungen kaum ausführbar. Ich habe diese Schwierigkeit dadurch umgangen, dafs ich das überschüssige Silbernitrat nicht auswasche, sondern den Papierstreifen nach Trocknung durch

1) Siehe Růžička, Studien zur relativen Photometrie. Dieses Archiv, XLIII, S. 238—239.

ein zweites Bromkalibad ziehe, so dafs das Silbernitrat in Silberbromid übergeführt wird, welches dem Papier nicht nachteilig ist, sondern seine Bromsilberbeladung erhöht.

Das überschüssige Bromkali samt dem Zersetzungsprodukt Kaliumnitrat braucht nicht so absolut genau ausgewaschen zu werden. Grofse Mengen davon benachteiligen aber jedenfalls die Qualität des Präparates, indem sie die Empfindlichkeit herabsetzen. Zu meinen Zwecken hat es sich als genügend herausgestellt, den Papierstreifen vor den weiteren Bädern durch ein Bad destillierten Wassers zu ziehen.

Das ganze Verfahren gestaltet sich sodann folgendermafsen: Ein 2,5 m langer und 37 cm breiter Streifen des oben bezeichneten Rohpapiers wird durch folgende Bäder mittels des Uhrenapparates gezogen (nach jedem Bade erfolgt Trocknung in der vertikalen hängenden Lage des Streifens, wie er langsam aus dem Bade herausgetreten ist):

1. Wässerige Bromkalilösung: 61 g BrK in 1 l destillierten Wassers (700 ccm[1]);
2. wässerige Silbernitratlösung: 120 g Silbernitrat in 1 l destillierten Wassers (700 ccm);
3. wässerige Bromkalilösung: 80 g Bromkali auf 1 l destillierten Wassers (700 ccm);
4. destilliertes Wasser (700 ccm);
5. destilliertes Wasser;
6. Sensibilisierungsbad[2]) (700 ccm);
7. 30° C warmes Gelatinenatriumnitritbad[3]) (500 ccm).

1) Eine gröfsere Menge wässeriger Lösungen zum Bade bei meiner Vorrichtung und bei der von mir geübten Schnelligkeit des Durchziehens darf nicht genommen werden, da das Papier infolge zu starker Durchtränkung weich wird und beim Durchziehen unter der ziemlich schweren Schrotwalze sich auf demselben Beulen und Unebenheiten bilden.

2) Seine Zusammensetzung ist die folgende (Andresen):
1 l destilliertes Wasser,
30 g Natriumnitrit,
25 ccm einer $^1/_2$ proz. alkoholischen Lösung von Rhodamin B.

3) Seine Herstellung: 25 g Gelatine werden in $^1/_2$ l destillierten Wassers aufgelöst, die Lösung filtriert, auf 30° C abgekühlt und 15 g Natriumnitrit in 25 ccm Wasser aufgelöst, unter Umrühren zugemischt, worauf das

Der Nitritzusatz ist nötig, da sonst das vorher einverleibte Nitrit zu stark ausgewaschen wird.

8. 30° C warmes Gelatinebad (10proz. wässerige Gelatinelösung, 500 ccm);
9. Filtermasse (700 ccm).

Ein auf diese Art hergestelltes Präparat zeigte nach acht Monaten kein für das bloſse Auge wahrnehmbares abweichendes Verhalten bei der Lichteinwirkung im Vergleich mit einem frischen Präparat.

## Ablesungsmethoden.

Die nächste Aufgabe war nun die Ausbildung einer Methode, welche auf möglichst einfachem Wege eine möglichst genaue Ablesung der Lichtintensität aus der durch dieselbe hervorgerufenen Verdunkelung des empfindlichen Papiers ermöglichen würde.

Das auf die oben beschriebene Art hergestellte Papier zeigt zwar bei scharfer Beobachtung bei Lichteinwirkung geringe Ungleichmäſsigkeiten der Verdunkelung, welche auch durch die sorgfältigste Präparationsweise nicht zu vermeiden waren. Es war aber im voraus nicht möglich, zu entscheiden, inwieweit dieser Umstand die Brauchbarkeit des Papiers beeinträchtigen würde.

Die von mir zuerst vorgeschlagene Methode (Einreihen des fraglichen Papierstückchens in eine empirisch hergestellte Skala[1])

---

Bad sogleich benutzt wird. Bei höheren Temperaturen und bei längerer Berührung der Gelatine und des Nitrits bilden sich im Bade kleine Gasblasen, welche die Gleichmäſsigkeit und Undurchdringlichkeit der am Papier haftenden Schicht beeinträchtigen. — Das Bad wird während des Durchziehens des Papierstreifens auf gleicher Temperatur durch eine unter den (mit Wasser gefüllten) Blechtrog gestellte Gasflamme erhalten. — Warme Flüssigkeiten erweichen das Papier noch schneller als kalte; darum nur 500 ccm.

1) Herstellungsweise der Skala: Etwa 15 Stückchen (etwa 2 × 4 cm) des empfindlichen Papiers werden in verschiedenen Entfernungen (etwa 10, 11, 12, 14 . . . 45 cm) von einer kleinen runden Flamme bis zu einer bestimmten Verdunkelung in einer Dunkelkammer exponiert. Die Belichtungs-

habe ich bald verlassen, da die Skala lichtempfindlich ist, also durch Benutzung — die Ablesungen müssen ja beim Lichte vorgenommen werden — bei allen möglichen Lichtarten sich verändert, also unrichtig wird. Die Fixierung kann nicht angewendet werden, teils weil ihr Einflufs auf den definitiven Grad der Dunkelheit des fixierten Papierstückchens ein schwer berechenbarer ist, teils weil die Fixierung meines empfindlichen Papiers in seiner jetzigen Form zu umständlich ist.

Auch die Herstellung lichtfester Skalen auf eine andere Art halte ich auf Grund meiner sehr ausgedehnten Versuche für kaum praktisch möglich. Besonders aus dem Grunde, weil das empfindliche Papier farbig (orange im unveränderten Zustande) ist und bei Verdunkelung durch Lichteinwirkung so komplizierte Farbentöne gibt, dafs dieselben in der nötigen Genauigkeit künstlich nur äufserst schwierig herauszubekommen sind.

Endlich bin ich auf den Gedanken gekommen, an Stelle der farbigen Skalagrade farblose — also von Weifs zu immer intensiverem Grau bis Schwarz fortschreitend — zu substituieren, und zur Ablesung eine bestimmte Lichtart (Licht von bestimmter Farbe) zu benutzen, bei welcher die Farbenunterschiede zwischen den abzulesenden Papierstückchen und den Skalagraden verschwinden würden.

Dies ist auch wirklich gelungen und die Ablesung in rotem (mit etwas Orange) Lichte beseitigte die Schwierigkeiten, welche die Methode unmöglich zu machen drohten: In solchem Lichte sind alle Töne meines lichtempfindlichen Papiers absolut gleichfarbig und kongruent mit einem entsprechenden Grade der schwarzgrauweifsen Skala.

Eine weitere Verbesserung geschah dadurch, dafs die Skala durch einen Streifen Papier von kontinuierlich abfallender Schwärze (vom Tiefgrau an einem Ende bis zum Reinweifs am anderen) ersetzt wurde, dessen einzelne Punkte mittels einer besonderen Methode geaicht wurden.

---

intensitäten (relative Werte) sind durch die Entfernung von der Lichtquelle gegeben. Näheres siehe in meiner Arbeit im Archiv f. Hygiene, Bd. XLIII, S. 243 usw.

Bei mit diesen Methoden angestellten Vorversuchen stellte sich vor allem heraus, dafs die Ausschläge, welche das neue lichtempfindliche Papier für bestimmte Intensitätsdifferenzen gibt, nicht sehr grofs sind, so dafs feinere Ablesungen ohne eine sehr feine Ablesungsvorrichtung unmöglich wären.

Aufserdem war bei allen diesen Methoden die Feinheit und Genauigkeit der Skala allzusehr von der sie herstellenden menschlichen Hand abhängig, was die Richtigkeit der Resultate sehr beeinträchtigte.

Ich entschlofs mich daher, die Skala durch eine weifse Platte zu ersetzen, deren Lichtheit resp. Dunkelheit durch Näherung einer Lichtquelle oder Entfernung von derselben modifiziert werden kann, wie dies bei mehreren anderen Photometern geschieht.

Auf diese Weise ist eine viel gröfsere Genauigkeit der Skala zu erreichen und aufserdem ist es mir gelungen, einen ziemlich einfachen Mechanismus zu konstruieren, welcher das Bild des abzulesenden Papierstückchens in der Mitte der Skalafläche als einen Fleck erscheinen läfst. Dieser Fleck hebt sich von seiner Umgebung nur durch seine eventuell abweichende Helligkeit oder Dunkelheit ab. Bei richtiger Einstellung der Skala verschwimmt er aber in der Skalafläche vollkommen und wird unsichtbar.

Auf Grund dieses Prinzipes habe ich zur Ablesung der Verdunkelungswerte exponierter Stückchen meines empfindlichen Papiers einen Photometer konstruiert, welcher viel genauere Ablesungen ermöglicht.

Die Genauigkeit der Ablesung habe ich bei meinem Apparate besonders noch dadurch gesteigert, dafs das als Fleck im Gesichtsfelde des Photometers erscheinende Bild des empfindlichen Papiers mittels eines Hebels bewegt werden kann, wodurch der Fleck für das beobachtende Auge auch bei sehr geringen Abweichungen von dem Hintergrunde leichter wahrzunehmen ist. Erst bei äufserst genauer Kongruenz des Hintergrundes mit dem Flecke ist er auch bei Bewegung nicht mehr wahrzunehmen.

### Kurze Beschreibung des Apparates.

Der Apparat besteht im wesentlichen aus einer Dunkelkammer (70 × 13 × 18 cm), in welcher eine senkrechte weifse Platte (Skalaplatte) nach vorne und nach rückwärts verschiebbar ist. Ihre augenblickliche Lage wird aufsen an einer Millimeterskala abgelesen. Beim Visieren in die Dunkelkammer durch das an der Frontwand (13 × 18 cm) der Dunkelkammer befestigte Visierrohr bildet eben die weifse Platte das Gesichtsfeld. Neben dem Visierrohr ist die Frontwand mit einem Fensterchen versehen, in welches von aufsen das abzulesende Papierstückchen eingelegt wird, so dafs seine durch die zu bestimmende Lichtintensität verdunkelte Fläche in das Innere der Dunkelkammer blickt. Diese Fläche sowie die weifse Platte werden von einem etwa 8 cm hinter der Frontwand in der Dunkelkammer seitwärts von der Mittellinie stehenden Benzinlämpchen beleuchtet. Das Lämpchen steht aber in der Dunkelkammer nicht frei, sondern befindet sich in einem kleinen in die Dunkelkammer eingebauten Kämmerchen, welches von aufsen durch ein Türchen zugänglich ist. In der Vorder- und in der Hinterwand dieses Kämmerchens sind Fensterchen angebracht zur Beleuchtung einerseits des Einlegefensters, anderseits der weifsen Skalaplatte. Die Entfernung der Benzinflamme von dem eingelegten Papierstückchen ist ein für allemal fest gegeben, die Entfernung der weifsen Skalaplatte von der Benzinflamme kann beliebig und ablesbar variiert werden. Ein in der Dunkelkammer vor der Visieröffnung schief befestigtes Spiegelchen läfst beim Visieren das Spiegelbild der verdunkelten Fläche des eingelegten Papierstückchens als einen Fleck auf der Fläche der Skalaplatte erscheinen. Da die beiden Fensterchen der Lampenkammer mit den oben erwähnten roten Lichtfiltern versehen sind, so erscheint die (eigentlich weifse) Skalafläche und das Spiegelbild des (orangefarbenen) empfindlichen Papiers in roter Farbe. Durch Verschiebung der Skalaplatte wird nun diejenige Lage gefunden, bei welcher der Fleck in dem Gesichtsfelde verschwindet.

Die Millimeterskala wird vorher mittels einer auf die vorher beschriebene Weise gewonnenen Stufenskala[1]) auskalibriert und zur Erleichterung von Interpolationen auf Millimeterpapier die entsprechende Kurve konstruiert.

Mittels dieses Apparates habe ich vor allem das neue lichtempfindliche Papier in bezug auf seine Gleichmäfsigkeit untersucht.

Es geschah dies so, dafs einer kleinen Gasflamme in verschiedenen Entfernungen je zwei aus verschiedenen Teilen eines grofsen Streifens genommene Stückchen des Papiers exponiert wurden.

Es zeigte sich dabei, dafs Abweichungen von 7 % des abgelesenen Wertes nichts Seltenes sind.

Da nun einmal das Papier zur Kalibrierung der Skala und dann zum zweiten Male zur eigentlichen Lichtmessung in Anwendung kommt, so macht sich der Fehler zweimal geltend. Dazu kommen noch die unumgänglichen Ablesungsfehler.

Es war also bereits in diesem Stadium sicher, dafs eine genügende Genauigkeit mittels dieser Methode nicht zu erreichen ist.

Die praktischen Versuche von Lichtmessungen mittels dieses Verfahrens haben aber noch viel gröfsere Abweichungen ergeben, als sie nach den eben angeführten Fehlerquellen hätten erwartet werden können.

Ich führe hier die Protokolle der Messungen an, welche natürlich mit dem Weberschen Photometer kontrolliert sind. Die Messungen sind an 4 Plätzen in einer von gewöhnlichem Gaslicht beleuchteten Kammer ausgeführt worden. (Platz I, II, III, IV.)

Bestimmung der Verhältnisse der Intensitäten

| | mittels des lichtempfindlichen Papiers | mittels des Weberschen Photometers |
|---|---|---|
| I : II | 100 : 187 | 100 : 158 |
| I : III | 100 : 44 | 100 : 39 |
| I : IV. | 100 : 12 | 100 : 12 |

1) Exposition einer Anzahl Papierstückchen in verschiedenen Entfernungen von einer Lichtquelle.

Ein anderer ähnlicher Versuch hat folgende Resultate ergeben (andere Plätze):

| | mittels des Licht-empfindl. Papiers | mittels des Weberschen Photometers |
|---|---|---|
| I : II | 100 : 415 | 100 : 307 |
| I : III | 100 : 202 | 100 : 167 |
| I : IV. | 100 : 59 | 100 : 43. |

Diese sehr grofsen Abweichungen von den mit dem Weberschen Photometer erhaltenen Resultaten waren sehr überraschend.

Es gelang mir aber nachher noch eine wichtige Fehlerquelle, welche diesen chemischen Methoden anhaftet, herauszufinden. Leider ist sie — wenigstens beim jetzigen Stande der Photochemie — nicht zu beseitigen.

Dieser Fehler beruht im folgenden: Stellen wir uns vor, dafs die gelbe Filterschicht des Papiers genau gleichmäfsig aufgetragen ist, also eine dünne, von zwei genau parallelen Flächen begrenzte Platte darstellt. Diese Filterschicht hat dann zwar in bezug auf unter gleichem Winkel auffallende Lichtstrahlen dieselbe Dicke; aber Strahlen, welche unter verschiedenen Winkeln auffallen, müssen auf verschieden langen Bahnen das Filter passieren: senkrecht auffallende Lichtstrahlen haben die dünnste Schicht zu passieren; je mehr der Strahl schief auffällt, desto dicker findet er die Filterschicht. Also wenn auch das Präparat absolut gleichmäfsig gearbeitet wäre, so ist es doch in bezug auf Lichtstrahlen, welche unter verschiedenen Winkeln auffallen, ungleichmäfsig.

Und in der Praxis sind die Verhältnisse solche, dafs dieser Fehler in vollem Umfange zur Geltung kommt. Die Lichtstrahlen fallen auf die Arbeitsplätze (selbst auf einen und denselben Arbeitsplatz) unter allen möglichen Winkeln auf (direktes Himmelslicht selbst fällt unter verschiedenen Winkeln auf, dann von allen Wänden, Möbeln usw. reflektiertes Licht), während der Ablesungsapparat in bezug auf senkrecht auffallende Lichtstrahlen auskalibriert ist. Eine Kalibrierung, welche solchen ganz unbestimmten Auffallswinkeln Rechnung tragen würde, ist natürlich unmöglich.

Auf Grund meiner oben geschilderten systematischen Studien fasse ich mein Urteil dahin zusammen, dafs ich eine chemische Lichtmessungsmethode, welche in bezug auf Genauigkeit den Bedürfnissen der Hygiene genügen würde, für eine Sache der Unmöglichkeit halte.

Ich habe somit das Prinzip der chemischen Lichtmessung vollkommen verlassen und es ist gelungen, mittels physikalischer Lichtmessungsapparate ein Verfahren zusammenzustellen, welches den oben dargelegten Prinzipien der relativen Lichtmessung entspricht. Da dabei die genauen Photometer (z. B. Webers Photometer) benutzt werden können, so ist eine viel gröfsere Genauigkeit zu erreichen. Es ist dabei leider der unangenehme Umstand, dafs zwei Photometer zu solchen Messungen nötig sind, was bei genauen Instrumenten eine sehr grofse Summe repräsentiert (zwei Webersche Photometer kosten 800 Mark).[1])

Das Verfahren wird im folgenden Kapitel beschrieben werden.

## Meine Methode der Ausführung der relativen Lichtbestimmung mittels physikalischer Photometer.

Die Verwendung des physikalischen Photometers zur Ausmessung von Schülerplätzen nach dem Prinzipe der relativen Photometrie, welches gleichzeitige Lichtbestimmung an vielen Plätzen voraussetzt, schien aus zwei Gründen unmöglich:

1. Es ist praktisch unmöglich, so viele Photometer zur Verfügung zu haben, als Plätze zu bestimmen sind.
2. Ablesungen bei Lichtarten, deren Farbe von derjenigen der Vergleichsflamme (Benzinflamme im Weberschen Photometer) abweicht, sind auf die übliche Art (Einstellung auf Verschwinden der Grenze zwischen beiden verglichenen Teilen des Gesichtsfeldes) unmöglich; besonders gilt das auch vom Taglicht. — Gegen die

1) Gotschlich (a. a. O.) scheint sogar der Preis der Raumwinkelmesser (30 Mark) noch relativ hoch ... es mufs »unser Bestreben bleiben, für den praktischen Gebrauch, namentlich der Schulärzte, noch einfachere und trotzdem verläfsliche Methoden zur Messung der Tagesbeleuchtung zu finden.«

Berechnung auf Grund zweier Ablesungen in Rot und Grün erheben sich begründete Bedenken. — Weber selber äufsert sich folgendermafsen über die von ihm zu diesen Berechnungen angegebene Tabelle: »Die Anwendbarkeit dieser Tabelle ist zunächst nur für solche Lichtquellen gültig, welche aus mehr oder weniger stark glühenden Kohleteilchen bestehen. Eine Anwendung auf Tageslicht oder andere künstliche Lichtquellen, wie Auerlicht, Zirkonlicht, ist nur mit einer gewissen Näherung zulässig.«[1]) Da aber über die Gröfse dieser Näherung keine genauere Auskunft vorliegt, ist es schwer, sich ein richtiges Urteil zu bilden.

Die erste Schwierigkeit läfst sich bedeutend herabmindern, da es genügt, wenn man immer einen Platz genau gleichzeitig mit der Ablesung des Himmelsgewölbes abliest und dadurch das Verhältnis seiner Belichtungsintensität zu derjenigen des Himmelsgewölbes bestimmt.

Bei dieser Problemstellung genügen dann zwei Photometer für eine ganz beliebige Anzahl von Plätzen: Der eine Apparat dient zur Messung der Lichtintensität des Himmelsgewölbes im Zenit, der andere zur gleichzeitigen Ablesung der Belichtungsintensität an einem Arbeitsplatze. Der erste Apparat bleibt fortwährend gegen das Himmelsgewölbe gerichtet, während mittels des anderen ein Arbeitsplatz nach dem anderen abgelesen wird (bei Ablesung eines jeden Arbeitsplatzes wird immer gleichzeitig das Himmelsgewölbe abgelesen).

Die ganze Messung mufs natürlich unter den »konventionell ungünstigsten« möglichst nahen Lichtverhältnissen ausgeführt werden und alle bei der Erklärung des Prinzips der relativen Photometrie oben angeführten Vorsichtsmafsregeln müssen eingehalten werden.

Es empfiehlt sich, als Vergleichseinheit die Intensität des Himmelsgewölbes zu nehmen und nicht — was vielleicht natürlicher erscheinen könnte — die Flächenhelligkeit eines dem Tageslicht im Freien ausgesetzten Papiers (resp. der Milchglasplatte des Weberschen Photometers).

1) Weber, Beleuchtung, S. 57. (Weyls Handbuch der Hygiene.)

Die beiden Beobachter nämlich — der erste, welcher die Helligkeit des Himmelsgewölbes und der zweite, welcher die Helligkeit der Plätze abliest, — dürfen voneinander nicht sehr entfernt sein, um durch Zuruf oder ein anderes Signal den Augenblick des gleichzeitigen Ablesens zu markieren.

Es wäre aber in der Praxis oft sehr schwer möglich, ein Blatt Papier (resp. die Milchglasplatte) zur Ablesung des Taglichtes im Freien in der nötigen Nähe derart zu disponieren, dafs das Taglicht unter vollkommenem Ausschlufs zufälliger Blendungseinflüsse auf dasselbe einwirken würde: Zu diesem Zwecke müfste dasselbe so hoch disponiert sein, dafs es von keinem Gegenstande überragt wäre, so dafs eine ganze Halbkugel des Himmelsgewölbes es beleuchten würde. Nur auf diese Weise wäre eine solche Standardbeleuchtung vom Taglicht zu erreichen.

Viel leichter ist es, aus dem Fenster eines Nebenzimmers (um im betreffenden Lokale selbst das Fenster nicht zu verstellen, was eine Änderung der Belichtungsverhältnisse zur Folge haben würde) oder besser durch ein Dachfenster (event. eine Öffnung im Dache, welche meist leicht vorübergehend hergestellt werden kann) den Zenitteil des Himmelsgewölbes zu photometrieren.

Auch die zweite Schwierigkeit — mit der abweichenden Farbe des Taglichtes von derjenigen der Benzinflamme — glaube ich auf eine Art umgehen zu können, welche im folgenden erklärt werden soll:

Denken wir uns das Photometer annähernd richtig eingestellt: Man sieht dabei im Weberschen Photometer das Feld des Taglichtes als ein zentrales gräulich-weifsliches Oval, welches von einem orangefarbenen Ringe (das Feld des Benzinlichtes) umgeben ist. Kein menschliches Auge — soweit es nicht besonders eingeübt ist — vermag es bei der grofsen Verschiedenheit beider Farben zu entscheiden, ob die beiden Felder gleich intensiv leuchten oder ob das eine oder das andere mehr oder weniger intensiv ist. Man mufs erst einen recht grofsen Ausschlag von der richtigen Stellung machen, um auch bei der grofsen Farbendifferenz eine selbst für ein ungeübtes Auge wahrnehmbare Intensitätsdifferenz zu bekommen.

Man sieht dabei, dafs das Taglichtfeld im Kontraste zum intensiveren Benzinlichtfelde grau bis schwarzgrau, auf der anderen Seite im Kontraste zum minder intensiven Benzinlichtfelde milchweifs erscheint. Bei einiger Erfahrung erreicht man es, dafs die Punkte der Skala, in welchen das Taglichtfeld einerseits noch ausgesprochen grau, anderseits noch ausgesprochen weifslich erscheint, nur etwa 10 mm voneinander entfernt sind. Innerhalb dieser 10 mm erscheint das Taglichtfeld grauweifs mit mehr vorherrschendem Grau oder mehr vorherrschendem Weifs.

Bei der Ablesung gehe ich nun so vor, dafs ich — nachdem das Auge auf diese zwei Töne durch einige Hin- und Herbewegungen eingeübt ist — mich von dem noch ausgesprochen grauen Felde noch ein wenig dem neutralen Punkte nähere, so weit, dafs das Grau eben noch nicht gegenüber dem anderseitigen weifslichen Tone zurücktritt, sondern beide etwa gleichmäfsig gemischt erscheinen. Ebenso suche ich diesen Neutralpunkt von der »weifsen« Seite aus auf. Diese zwei Einstellungen werden abgelesen und ihr Durchschnitt als die richtige Einstellung angenommen.

Was die Wahl des Photometers zu solchen Messungen betrifft, ist folgendes zu bemerken:

Von den in der Praxis bekannteren Instrumenten ist vor allem an das Photometer von Weber zu denken, welches sehr genau gearbeitet ist und Ablesungen mit einer Genauigkeit bis etwa 1 % des abgelesenen Wertes ermöglicht. Es mufs aber darauf geachtet werden, dafs die Benzinflamme absolut ruhig stehe, der Apparat (seine Laterne) mufs bei der Messung des Himmelsgewölbes vor Wind, Luftzug geschützt sein.

Der billige (26 Mark) Wingensche Helligkeitsprüfer[1]) ist im Prinzip ein vereinfachter Weberscher Photometer, welcher aber nur Ablesungen einiger weniger Werte (10, 20, 30, 40, 50 Meterkerzen) ermöglicht. Derselbe ist also schon aus diesem Grunde zu obigem Zwecke nicht verwendbar.

1) Beschreibung und Kritik siehe Wolpert, Die Tageslichtmessung in Schulen. (Klinisches Jahrbuch, 1904.)

Endlich gibt es auch einige Methoden (Cohnscher Helligkeitsprüfer, Pfeifferscher Lichtmesser[1]), welche auf dem folgenden Prinzipe basieren:

Eine bestimmte Leseprobe (Cohnscher Helligkeitsprüfer) bzw. einige Punkte einer Milchglasplatte (Pfeifferscher Lichtmesser) werden in der betreffenden Lichtintensität beobachtet. Die Lichtintensität wird dann mittels einer geeigneten Vorrichtung (Rauchglasplatten bei Cohn, Irisblende bei Pfeiffer) soweit abgeschwächt, bis die Leseprobe resp. die beleuchteten Punkte der Milchglasplatte noch eben genügend sichtbar erscheinen. Die Apparate sind empirisch graduiert und geben beide zu ungenaue Resultate. (Der Cohnsche Apparat ist überhaupt nur zu einer ganz groben Schätzung von Cohn konstruiert worden; der Pfeiffersche gibt schon deswegen zu ungenaue Resultate, weil selbst dieselbe Person dieselbe Leseprobe und ähnliches bei derselben Lichtintensität nicht immer mit derselben Deutlichkeit liest).

## Schlufs.

Ich bin weit entfernt, die im vorhergehenden von mir vorgeschlagene Methode in der jetzigen Form als eine Methode der breiten Praxis hinzustellen. Das schliefst schon der hohe Preis des Instrumentariums aus.

Jedenfalls werden aber mittels derselben im Vergleich zu den bisherigen Methoden viel brauchbarere Resultate erhalten werden, welche auch direkte Vergleiche beliebiger nach derselben Methode ausgeführter Messungen ermöglichen.

Für wissenschaftliche Studien dürfte sie wohl als die geeignetste, die richtigste hingestellt werden.

---

1) Beschreibung und Kritik siehe bei Wolpert, Die Tageslichtmessung in Schulen. (Klinisches Jahrbuch, 1904.)

# Untersuchungen über einige physikalische Eigenschaften von 50 Kleidungsstoffen, mit besonderer Rücksicht auf die Permeabilität in feuchtem Zustande.

Von

Dr. med. **S. J. de Lange**, prakt. Arzt.

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität zu Amsterdam.)

Auf Anregung meines hochverehrten Lehrmeisters Dr. Saltet, ordentlicher Professor und Direktor des hygienischen Instituts der hiesigen Universität, begann ich diese Untersuchungen über die Nationalkleidertrachten. Die Tatsache, dafs die Kleidung unter gewissen Umständen (Lebensweise, Beschäftigung usw.) so geworden ist und auch Jahrhunderte hindurch so geblieben ist, wie sie sich in der Form der Nationalkleidertrachten uns zeigt, war der Reiz, der zur Untersuchung drängte. Der teleologische Gedanke, dafs etwas so Altes zweifelsohne viele gute Eigenschaften besitzen mufs, da es sonst schon lange zur Vergangenheit gehören sollte, gab die Anregung zu dieser Arbeit.

In der Literatur habe ich über diesen Gegenstand nichts finden können, daher war es notwendig, im voraus festzustellen, welche Eigenschaften hauptsächlich zur Bearbeitung gelangen sollten, und was darüber im allgemeinen für die gegenwärtige Bekleidung schon festgestellt war.

In einer Voruntersuchung benutzte ich dazu 50 Kleidungsstoffe, die auch jetzt noch von der Arbeiterklasse zur Kleidung

gebraucht werden, und lernte aus der Literatur die vielen Arbeiten kennen, die über die Bekleidung im allgemeinen und über einzelne Eigenschaften und Gewebe insbesondere geschrieben sind.

Da begegnete ich in der Literatur immer und immer wieder dem Bahnbrecher der Kleidungshygiene, Rubner, der es verstanden hat, nicht nur den Weg zu bahnen, sondern auch alles zu ordnen und auf die einzig richtige Weise zu deuten.

Wie gerne hätte ich seine Experimente alle genau verfolgt und auf diese Weise eine ganz fundamentale Untersuchung über die Nationalkleidertrachten angefangen, aber das war leider unmöglich.

Im Amsterdamer Laboratorium der Hygiene kann man keine Untersuchungen über Wärmestrahlung und Wärmekapazität anstellen, weil es nicht genügend fest steht, um die feinen, äufserst zarten elektromagnetischen Instrumente anzuwenden. Daher war ich nur in der Lage, die anderen Eigenschaften zu untersuchen: die Dicke, Zusammendrückbarkeit, Permeabilität, das Vermögen Wasser aufzusaugen und festzuhalten, und das Gewicht, nebenbei auch das spezifische Gewicht und das Porenvolum. Aufser obengenannten Eigenschaften untersuchte ich die Art der Grundstoffe chemisch, mikroskopisch und durch den Brennversuch. Ich untersuchte auch die Webweise, und die Zahl der Fäden pro 1 qcm waren mir ein Objekt des Studiums.

Wenn man sich aber eine korrekte Vorstellung machen will von dem Wert der Gewänder als Bekleidungsmittel, so ist es notwendig, die Waren zu untersuchen so wie sie in den Läden verkauft werden, und nachher als getragenes Kleid, um vergleichen zu können, ob wirklich der Bekleidungswert in beiden Umständen nahezu derselbe geblieben ist oder doch prozentisch ebensoviel, mehr oder weniger gesunken ist als bei anderen, ähnlichen Bekleidungsstoffen. Dann erst wird es uns deutlich werden, dafs viele Gewebe — mit anscheinend grofsem Wert als Bekleidungsmaterial und dazu noch billig zu haben — am Ende einen viel geringeren Bekleidungswert haben und also doch teuer sind. In gewaschenem und getragenem Zustande und zumal auch während des Tragens ändern viele Kleidungsstoffe ihre Eigenschaften mehr

oder weniger, was notwendigerweise von grofsem Einflufs auf den Bekleidungswert sein mufs.

Was versteht man nun unter »Bekleidungswert«?

Bekleidungswert nennt man die Summe aller Eigenschaften eines Stoffes in bezug auf die Leistung, die man von diesem Stoff erwartet. Einfache Zahlen hierüber sind nicht zu geben, wohl ist es möglich, jede Eigenschaft insbesondere in Zahlen auszudrücken und auf diese Weise einen Eindruck des Bekleidungswertes zu bekommen. Wenn also in obenstehender Definition gesprochen wird über die Summe aller Eigenschaften, so ist damit keineswegs gemeint, dafs die Zahlen, die die verschiedenen Eigenschaften anzeigen, zueinander hinzuaddiert werden müssen. Vielleicht dafs eine Vergleichung die Sache deutlicher macht. So wie man bei Examina den Kandidaten nicht nach der rechnerischen Summe der von ihm erworbenen Punkte beurteilt, sondern jedes Fach an sich betrachten soll, ebenso soll man die Kleidungsstoffe nur beurteilen nach ihren Eigenschaften absonderlich und in bezug auf das Ziel, wozu sie uns dienen sollen.

Welche Faktoren verdienen nun in dieser Hinsicht hauptsächlich Betrachtung?

1. Wärmekapazität und Wärmeleitungsvermögen;
2. Permeabilität, Porenvolum und Zusammendrückbarkeit;
3. Gewicht und Dicke;
4. Kapazität für Wasser;
5. Kosten und Dauerhaftigkeit;

Ohne Mühe schliefsen sich hieran die primären Eigenschaften, die die Ursache der verschiedenen obengenannten Eigentümlichkeiten sind, d. h. die Grundsubstanz, die Webweise und die Zahl der Fäden pro 1 ccm.

Ist es noch notwendig, weiter zu betonen, dafs nun bei Oberkleidern andere Eigenschaften in den Vordergrund treten als bei Unterkleidern? Nehmen wir ein Beispiel: als erste Bekleidungslage wird verlangt ein Stoff mit Wärmeleitungsvermögen, Permeabilität und wasserhaltender Kraft, so grofs, wie es nur eben

möglich ist, gegenüber geringe Dicke und Gewicht, geringe Kompressibilität und Kosten neben grofser Dauerhaftigkeit. Die Wärmekapazität ist hier von untergeordnetem Gewicht.

Bei einem Überzieher wird dagegen die Wärmekapazität der Faktor sein, welcher am meisten in Betracht kommt, und da man aus Erfahrung weifs, dafs diese Eigenschaft meistens mit grofser Dicke zusammengeht, wird man, um das Gewicht soviel wie möglich zu verringern, ein grofses Porenvolum verlangen, welches seinerseits wiederum grofse Permeabilität mit sich führt. Weiterhin darf ein derartiger Stoff sich nicht leicht benetzen lassen, mit anderen Worten, er soll bei Versuchen längere Zeit auf Wasser liegen bleiben, ohne sich vollzusaugen und unterzutauchen. Zum Schlufs ist der letzte Faktor, der Preis, von geringerem Einflufs, da ein Überzieher selten längere Zeit hintereinander getragen wird und daher auch längere Zeit benutzt werden kann.

Da ich die Methode Rubners zur Dickemessung als die einzig richtige ansehe, habe ich bei meinen Untersuchungen immer Gebrauch gemacht von dem von ihm konstruierten, sehr einfachen Apparat, dem sog. Spaerometer (siehe die Figur, vgl. Arch. f. Hyg. Bd. XXVII, S. 44). Mit diesem Apparat ist es möglich, die Dicke eines Gegenstandes auf 5 Micra genau abzulesen, mit oder ohne Druck. Dieser Druck ist ebenfalls mit grofser Leichtigkeit genau zu regulieren, daher ist zu gleicher Zeit auf ganz einfache Weise die Zusammendrückbarkeit mit diesem Dickemesser zu registrieren.

Es ist ohne weiteres deutlich, dafs die Dicke ein bedeutender Faktor ist bei der Beurteilung des Wertes der Kleidungsstoffe, doch ist diese Bedeutung vielmals überschätzt worden, weil dick und warm und gut nur noch immer allzuviel als Synonyma in der Kleidungsfrage gedeutet werden. Die Dicke ohne weitere Eigenschaften hat nur eine sehr untergeordnete Bedeutung für den praktischen Wert eines Bekleidungsstoffes. In Verbindung aber mit anderen Eigenschaften, zumal mit der Permeabilität und mit dem Gewicht, ist die Dicke immerhin eine Eigenschaft, mit der man zu rechnen hat.

In physikalischer Hinsicht aber ist die Messung der Dicke notwendig, weil ohne dieselbe viele wichtige Eigenschaften nicht zur Berechnung und daher auch nicht zur Beurteilung kommen können, z. B. das spezifische Gewicht und das Porenvolum.

Unter der Sammlung von Kleidungsstoffen, die ich untersucht habe, fanden sich die verschiedensten Gewebe; die Dicke variierte von 175 $\mu$ bis 2710 $\mu$. Im allgemeinen sind die wollenen Stoffe dicker als die leinenen und baumwollenen, obgleich die Dicke auch im grofsen Ganzen von der Webweise abhängig ist, wobei sich bekanntlich herausstellt, dafs glattes Gewebe vielfach dünner ist als Flanell oder Trikot.

So fand ich glattes, baumwollenes Gewebe von inferieurer Qualität in einer Dicke von 175 $\mu$, Manchester dagegen, ein baumwollenes, samtartiges Gewebe mit aufstehenden Fäden, 1922 $\mu$, glattes, wollenes Gewebe 515 $\mu$, dickes, wollenes »Baai« 2710 $\mu$.

Die Zusammendrückbarkeit und die Dicke sind Eigenschaften, die miteinander in engem Zusammenhang stehen insoweit, dafs dicke, im gewöhnlichen Falle also nicht aus glattem Gewebe bestehende Stoffe mehr kompressionsfähig sind als dünne, aus glattem Gewebe bestehende. Für diese Eigenschaft hat die Webweise den gröfsten Einflufs, die Grundsubstanzen wenig oder gar keinen. Am deutlichsten wird dies, wenn wir die Zahlen nebeneinander stellen, womit prozentisch angegeben wird, wieviel das untersuchte Material komprimiert war.

Reduktion der Dicke bei Belastung mit 125 g pro 1 qcm:

| | Glatte Webweise | Unebene Webweise |
|---|---|---|
| Baumwollene Stoffe . | 71,5 % | 58,5 % |
| Wollene Stoffe . . . | 71,— » | 62,6 » |
| Leinene Stoffe . . . | 68,— » | — |

Die Stoffe, obwohl untereinander sehr verschieden in Dicke, zeigen doch, wenn das Gewebe dasselbe war, prozentisch dieselbe Zusammendrückbarkeit.

Auch wenn wir eine schwerere Belastung anwenden, z. B. 250 g pro 1 qcm, kommen wir zu demselben Resultat (siehe folgende Tabelle).

Tabelle I.

| | Name | Dicke in $\mu$ | Reduktion der Dicke in % bei Belastung von 250 g pro 1 qcm | Porenvolumen |
|---|---|---|---|---|
| Glattes Gewebe | Baumwollene Stoffe | | | |
| | Inferieure Qualität | 175 | 79,1 % | 434,3 |
| | Mittlere » | 213 | 67,7 » | 608 |
| | Bessere » | 344 | 62,2 » | 693,3 |
| | Gefärbtes . . . . | 266 | 71,4 » | 558,4 |
| Lockeres Gewebe | Gerauhtes graues Futter . . . . | 1 177 | 63,1 % | 703,9 |
| | Molton . . . . . | 1 205 | 45 » | 865,5 |
| | Flanell . . . . . | 1 256 | 50,3 » | 871 |
| Glattes Gewebe | Wollene Stoffe . . | | | |
| | Inferieure Qualität | 601 | 58,7 % | 821,1 |
| | Bessere » | 515 | 61,6 » | 834,4 |
| Lockeres Gewebe | Tuch . . . . . | 1 059 | 66,1 % | 830,1 |
| | Flanell . . . . . | 1 461 | 38 » | 888,3 |
| | Biber . . . . . | 2 100 | 59 » | 855,8 |
| | »Baai« . . . . . | 2 710 | 52,8 » | 887,9 |
| Glattes Gewebe | Leinene Stoffe . . | | | |
| | Gew. Leinen . . . | 330 | 53,3 % | 545,4 |
| | Kaiserleinen . . . | 360 | 56,9 » | 693,2 |

Theoretisch könnte man sagen, dafs die Stoffe am meisten komprimierbar sein sollten, die das gröfste Porenvolum besitzen, und wie die Tabelle zeigt, ist das auch im grofsen Ganzen der Fall, wenn man nur nicht erwartet, dafs die kleinen Unterschiede, welche die durch Berechnung gefundenen Zahlen des Porenvolums untereinander aufweisen, auch immer begleitet werden von ebenso grofsen Schwankungen in den Zahlen der Kompressibilität. Hat man doch immer mit sehr heterogenen Geweben zu tun, und man soll niemals vergessen, dafs die Verteilung und Anordnung der Poren, folglich auch die gröfsere oder kleinere Geschwindigkeit, womit die Luft aus den Poren auszutreiben ist, und vielleicht auch in einzelnen Fällen die Unmöglichkeit, Luft auszutreiben, diese Zahlen beherrschen.

Dafs diese Anschauungsweise nicht falsch ist, ergibt sich, wenn man eine Serie macht von drei oder mehr ganz gleich-

wertigen Geweben, in verschiedenen Qualitäten, wobei sich herausstellt, dafs die inferiöre Qualität ein gröfseres Porenvolum, daher auch eine gröfsere Zusammendrückbarkeit hat, bei geringerer Dicke, z. B.:

Tabelle II.

| | | Dicke in μ | Reduktion der Dicke bei Belastung von 250 g pro 1 qcm | Porenvolum |
|---|---|---|---|---|
| Gelbe ungebleichte Köper | Prima Qualität | 844 | 73,6 % | 721,6 |
| | Mittlere » | 785 | 71,4 » | 751 |
| | Inferieure » | 702 | 68,6 » | 789,2 |

Auf diesen Punkt komme ich aber gleich unten bei der Besprechung des Porenvolums zurück.

Übrigens kann man aus oben gegebenen Zahlen ableiten, dafs die Unterkleider, insoweit sie aus lockerem Gewebe bestehen, auf der Schulter z. B. nicht in ihrer ganzen Dicke berechnet werden dürfen, sondern nur in 60—70% davon.

Welcher ist nun der Einflufs der Feuchtigkeit und des Waschens auf die Dicke und die Zusammendrückbarkeit der Stoffe?

Wenn man einen Eindruck von diesem Einflufs bekommen will, so kann man nur sagen, dafs er sehr ungleichartig einwirkt. Allerdings ist es ersichtlich, dafs der Bekleidungswert einen engen Zusammenhang mit diesem Einflufs hat.

Es gibt Gewebearten, die durch Waschen sich besser zur Bekleidung eignen, z. B. Nr. 23 und Nr. 24; andere dagegen, die entschieden an Bekleidungswert eingebüfst haben, z. B. Nr. 5 und Nr. 10, noch mehr Nr. 14 und Nr. 16.

Im allgemeinen ist das Waschen nicht vorteilhaft für die wünschenswerten Eigenschaften, nur die Permeabilität gewinnt fast immer bei der Reinigung, wie wir unten sehen werden.

(Siehe Tabelle III auf S. 228.)

Wegen mehreren, hier nicht zu erörternden Ursachen war es mir unmöglich, die Versuchsweise Rubners für die Permeabilität in Betracht zu ziehen. Dazu ist es auch anderseits gut, wenn zwei ungleiche Versuchsmethoden zu demselben Resultat gelangen.

Tabelle III.

| | | Neu | | | Nafs | | | Gewaschen | | Trocken |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Glatte Baumwolle | 21,3 | 66,6 | 62,2 | 30 | 78,3% | 73,3% | 27 | 74 % | 70,3% |
| 5 | Halbleinen | 34 | 75 | 70,9 | 36 | 86,1 » | 80,5 » | 43 | 79 » | 74,4 » |
| 6 | Gefärbte Baumwolle | 36,1 | 73,4 | 68,5 | 34 | 84 » | 78,2 » | 34 | 82,3 » | 76,4 » |
| 7 | Gestreifter Satin | 40,2 | 69,6 | 63,9 | 47,5 | 78,9 » | 72,6 » | 44 | 81,8 » | 76,1 » |
| 8 | Barchent | 113 | 69,4 | 60,4 | 103 | 73,7 » | 62,1 » | 126 | 65,9 » | 57,2 » |
| 10 | Halbleinen | 35 | 74,2 | 65,7 | 37 | 86,5 » | 79,7 » | 35 | 88,5 » | 81,4 » |
| 11 | Grobkörnige Baumwolle (Dorvlas) | 43,5 | 78,8 | 76,3 | 39,5 | 86 » | 82,2 » | 44 | 73,6 » | 70,4 » |
| [1] 13 | Baumwollenes Molton | 116 | 65,9% | 55,6% | 92 | 67,3 » | 57,5 » | 66 | 80,3 » | 72,7 » |
| 14 | Baumwollenes Molton | 234 | 53 » | 44 » | 213 | 77,8 » | 70,4 » | 167 | 76,7 » | 70 » |
| 16 | Baumwollener Flanell | 125,6 | 56,9 » | 50,3 » | 85 | 68,2 » | 58,9 » | 77 | 74 » | 69,5 » |
| 17 | Baumwollenes Molton (prima Qualität) | 120,5 | 55,5 » | 45 » | 106 | 59 » | 51,8 » | 94 | 71,3 » | 69,9 » |
| 19 | Biber | 210 | 67,6 » | 59 » | 206 | 66 » | 58,2 » | 186 | 76,2 » | 70,4 » |
| 20 | Blaues Leinen | 33 | 60 » | 53,3 » | 67 | 67,1 » | 61,1 » | 56 | 80,3 » | 75 » |
| 21 | Baumwollener Köper | 44,3 | 76,7 » | 71,3 » | 49 | 86,7 » | 80,6 » | 54 | 81,4 » | 74 » |
| 22 | Wollener Sportflanell | 70,5 | 66,6 » | 59,5 » | 86 | 75 » | 69,7 » | 83,5% | 80,2 » | 76,5 » |
| 23 | Gerauhtes graues Futter | 117,7 | 76 » | 63,1 » | 125 | 66,4 » | 56 » | 148 | 72,1 » | 65,9 » |
| 24 | Englisch-Leder | 105 | 73 » | 70 » | 112,5 | 79,5 » | 73,8 » | 120 | 74,1 » | 70 » |
| 25 | Ungebleichte Baumwolle | 47 | 62,1 » | 57 » | nicht nachzuweisen | | | 61,5 | 82,9 » | 71,5 » |
| 26 | Ungebleichte Baumwolle (inferieure Qualität) | 32,7 | 66 » | 63,9 » | » | | » | 54,5 | 84,4 » | 75,2 » |
| 27 | Baumwollener Sportflanell | 70 | 62,8 » | 53,5 » | 73 | 72,6% | 61,6% | 63 | 76,9 » | 71,4 » |

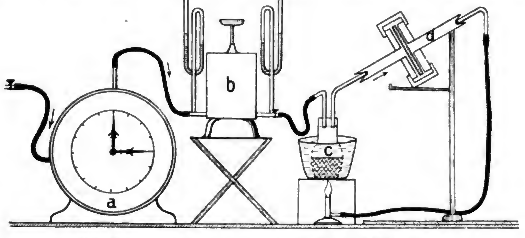
1) Inferieure Qualität.

Nach vielem Suchen gelang es mir, eine Methode zu finden, womit Resultate zu erreichen waren, die, untereinander vergleichbar, alle auf eine Einheit zurückgebracht werden konnten.

Die Einrichtung war ziemlich kompliziert, und ich benutzte für diese Versuche keine Luft, sondern Leuchtgas, was aber auf die Endresultate vergleichenderweise keinen Einflufs hatte.

Die Gasleitung wurde armiert mit einer Gasuhr (siehe Figur), die zuvor kontrolliert war (eine Drehung derselben liefs 2650 ccm Gas durchströmen).

Hinter diesem Gasometer folgte ein Apparat von Moitessiere, wodurch wir Sicherheit hatten, dafs der Druck während




*a* Gasuhr, *b* Apparat von Moitefsiere, *c* Befeuchtungsflasche, *d* Durchströmungsapparat.

der Dauer eines Versuches gleich hoch blieb. Derselbe ist aufserdem zu jeder Zeit an den beiden Manometern zu kontrollieren, die zur Seite des Apparates in dem ein- und ausgehenden Rohr angebracht sind. Weiter folgt der Durchströmungsapparat: ein gewöhnliches Kölbchen mit doppeltperforiertem Kork, welches zu später zu beschreibenden Zwecken dient, und dahinter eine Messingbüchse, welche in zwei Teile geteilt ist, jeder in der Mitte mit einer glatt geschliffenen Tafel versehen, zwischen die der zu untersuchende Stoff geklemmt wird.

Das Gas, welches durch den ganzen Apparat hindurchgeströmt ist, wird mittels eines Bunsenschen Gasbrenners verbrannt.

Um nun eine Vergleichung aller Stoffe zu ermöglichen, war es notwendig, eine Einheit zu schaffen, wozu uns zwei Möglichkeiten gegeben waren.

Erstens wäre es möglich gewesen, als Einheit die Zeit anzunehmen, welche die Gasuhr zu einer Drehung brauchte, wenn kein Gewebe in den Durchströmungsapparat gebracht war. Dazu sollte aber der Druck nicht nur während eines Versuches, sondern auch zu jeder Zeit derselbe sein müssen, was nicht der Fall war, denn mit dem Druck ändert sich die Durchströmungsgeschwindigkeit, folglich auch die Zeit. Unser Gasdruck wechselte nun von 30—54 mm Wasser. Nochmals betone ich aber hier, dafs der Druck während eines Versuches immer der gleiche war.

Ich nannte daher die Permeabilität 1 in dem Fall, dafs 100 ccm Gas in einer Minute unter einem Druck von 10 mm Wasser passiert durch 1 qcm Fläche des Durchströmungsapparats.

Die Durchströmungsgeschwindigkeit meines Apparats ohne Stoffeinsatz war, in dieser Permeabilitätseinheit ausgedrückt, 1,92. Die Berechnung geht nun folgendermafsen:

Bei einem Druck von 37 mm Wasser dauerte eine Drehung der Gasuhr (2650 ccm) 1 Min. 11 Sek. Wenn der Druck also 10 mm gewesen wäre wie bei der von mir vorgestellten Einheit, so sollte die Zeit 3,7 mal länger gewesen sein, d. h. 262,7 Sek. Dazu ist die Durchströmungsöffnung meines Apparats nicht 1 qcm, sondern 3,14 cm, was die Zeit in Beziehung zu unserer Einheit auf 824,878 Sek. bringt. In dieser Zeit strömen aber nicht, wie gesagt, 100 ccm durch den Apparat, sondern 2650 ccm, wodurch die Zeit reduziert wird auf 31,127.

Die Permeabilität steht nun in umgekehrtem Verhältnis zu der Zeit, also

$$60 : 31{,}127 = p : 1$$
$$31{,}127\, p = 60$$
$$p = \frac{60}{31{,}127}$$
$$p = 1{,}92.$$

In einer Formel zusammengebracht, könnte man sagen:

$$p = 60 \times \frac{i}{t \times d \times o},$$

angenommen, dafs $p$ die absolute Zahl der Permeabilität vorstellt,
$i$ den Einhalt der Gasuhr in 100 ccm,

$d$ den Druck des Gases in cm Wasser,
$o$ den Durchschnitt des Durchströmungsapparats in qcm
und $t$ die Zeit in Sekunden.

Bei unserer Versuchsreihe waren nun $i$, $o$ und $oo$ konstant, $d$ ist meistens konstant, so dafs man sagen kann:

$$p = \frac{C}{t}, \text{ wobei } C = \frac{60 \cdot i}{d \times o}.$$

Diese Konstante wird bei einem Druck von 37 mm Wasser in unserer Versuchsreihe ausgedrückt durch die Zahl 136,8.

Wenn ich nun Versuche über den Einflufs der Befeuchtung auf die Permeabilität machen wollte, so wurde die Flasche $c$ mit Wasser von 37—38° C halbgefüllt und in ein Wasserbad von derselben Temperatur gestellt. Die Wasserdämpfe, die sich entwickelten, wurden von dem Gasstrom mitgeführt und teilweise von dem zu untersuchenden Stoff aufgenommen, eventuell daselbst kondensiert. Die Resultate dieser einfachen Versuchsanordnung finden sich in nachstehender Tabelle.

Auch war mir diese Methode sehr willkommen als Ergänzung der Methode zur Bestimmung der Wasseraufnahme.

(Siehe Tabelle IV auf S. 232 u. 233.)

Die Frage drängt sich nun auf, ob an dieser Bestimmungsmethode keine groben Fehler haften, erstens weil das gebrauchte Gas nicht trocken war und zweitens weil der Druck viel höher war, als Rubner sie angewendet hat. Ersteres habe ich durch eine andere Aufstellung meines Apparates untersucht und durch Einschaltung eines Trockenapparates. Die Resultate blieben ganz dieselben, und ich habe also keine Ursache, die Resultate als nicht genau anzusehen. Was den zweiten Punkt betrifft, stellt sich heraus, dafs ich dieselben Verhältniszahlen bekomme, wenn ich meine Zahlen mit den Zahlen Rubners vergleiche (siehe unten).

Es scheint mir weiter, dafs ich bei meiner Versuchsanordnung den Schweifsausbruch am menschlichen Körper einigermafsen nachahmen kann.

Tabelle IV. Permeabilitätseinheit 1000 genannt. — Permeabilität nach 15 Minuten.

| Nr. | Art der Stoffe | Appretiert | | | | | | | | Gewaschen | | Nicht appret. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 Lage | | 2 Lagen | | 3 Lagen | | Nafs (1 Lage) | | 1 Lage (trocken) | | 1 Lage (nafs) 15 mm | |
| | | $t$ | Einh. | $t$ | Einh. | $t$ | Einh. | $t$ | Einh. | $t$ | Einh. | $t$ | Einh. |
| | | Sek. | | Sek. | | Sek. | | | | | | | |
| 1 | Baumwollen (inferieure Qualität) | 91,3 | 149 | 133 | 102 | 159,3 | 85,8 | | | | | | |
| 2 | Baumwollen (mittlere Qualität) | 80 | 171 | 105,7 | 129 | 116,5 | 11,7 | | | | | | |
| 3 | Baumwollen (bessere Qualität) | 91,3 | 149 | 113,3 | 120 | 152,6 | 89,2 | 138 | 91,6 | 78 | 162 | 151 | 83,7 |
| 4 | Leinen | 107,3 | 127,9 | 162,2 | 84,3 | 197 | 69,4 | | | | | | |
| 5 | Halbleinen | 203,3 | 67,2 | 282,4 | 44,9 | 412,3 | 33,1 | ∞ | 0 | 74 | 171 | 79 | 160 |
| 6 | Gefärbte Baumwolle | 72 | 175 | 74 | 171 | 75 | 168 | 94,2 | 134,2 | 74 | 171 | 74 | 171 |
| 7 | Gestreifter Satin (bessere Qualität) | 131 | 104,4 | 197,3 | 68,9 | 277,8 | 49,2 | ∞ | 0 | 85 | 148 | 102,8 | 123 |
| 8 | Barchent (bessere Qualität) | 76 | 167 | 84 | 150 | 93 | 135 | 83 | 152 | 79 | 160 | 85 | 148 |
| 9 | Gestreifter Satin (inferieure Qualität) | 74,2 | 170 | 77,8 | 162,2 | 83,2 | 154,4 | | | | | | |
| 10 | Halbleinen | 91,4 | 149 | 117,2 | 116 | 145,3 | 95,5 | ∞ | 0 | 70 | 167 | 79,2 | 158 |
| 11 | Grobkörnige Baumwolle | 127,4 | 107 | 214,6 | 63,7 | 287,3 | 47,6 | 195 | 64,8 | 101,2 | 125 | 194 | 65,2 |
| 12 | Grobkörnige Baumwolle (bessere Qual.) | 142 | 96,3 | 221,3 | 61,8 | 301 | 45,4 | | | | | | |
| 13 | Baumwollenes Molton (inferieure Qual.) | 78 | 176 | 86,4 | 155 | 95,2 | 146 | 124 | 112 | 82,6 | 153 | 90 | 140 |
| 14 | Baumwollenes Molton (mittlere Qual.) | 87 | 157 | 105,4 | 129 | 134,8 | 101 | 95,6 | 133 | 91 | 139 | 105 | 120 |
| 15 | Baumwollener Flanell | 68,8 | 183 | 71,8 | 176 | 74 | 171 | | | | | | |
| 16 | Baumwollenes Molton (bessere Qual.) | 73,4 | 172 | 82,2 | 153,6 | 89,4 | 140,8 | 84 | 150 | | | | |
| 17 | Baumwollenes Molton (prima Qualität) | 72 | 185 | 75 | 179 | 78 | 162 | 82,4 | 151 | | | | |
| 18 | Wollener Flanell (prima Qualität) | 74 | 184 | 75,4 | 181 | 80 | 170 | | | | | | |
| 19 | Brauner Biber | 75,2 | 168 | 80 | 157 | 84,4 | 149 | 87 | 145 | | | | |
| 20 | Blaues Leinen | 76,6 | 179 | 81,8 | 167 | 86,4 | 159 | 97 | 132 | | | | |
| 21 | Baumwollener Köper | 76,2 | 179 | 78,2 | 174 | 85 | 161 | 90,4 | 139 | | | | |
| 22 | Wollener Sportflanell | 76,6 | 179 | 80,4 | 170 | 85,6 | 159 | 96,6 | 132,5 | | | | |
| 23 | Graues gerauhtes Futter | 86,4 | 158 | 120,8 | 113 | 158,6 | 86 | 179,6 | 73,8 | | | | |
| 24 | Englisches Leder | 79,2 | 159 | 87,4 | 144 | 104,4 | 121 | 240 | 55,2 | | | | |
| 25 | Ungebleichte Baumwolle | 72,8 | 173 | 76,2 | 166 | 81 | 156 | 263 | 50,4 | 86 | 146 | 170 | 78 |

Fortsetzung zu Tabelle IV.

| Nr. | Art der Stoffe | Appretiert | | | | | | | | Gewaschen | | Nicht appret. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 Lage | | 2 Lagen | | 3 Lagen | | Nafs (1 Lage) | | 1 Lage (trocken) | | 1 Lage (nafs) 15 mm | |
| | | t | Einh. | t | Einh. | t | Einh. | t | Einh. | t | Einh. | t | Einh. |
| | | Sek. | | Sek. | | Sek. | | | | | | | |
| 26 | Ungebleichte Baumwolle (inferieure Qual.) | 71,8 | 176 | 73,6 | 171 | 76,4 | 165 | 205 | 64,5 | 94 | 134 | 180 | 73,6 |
| 27 | Baumwollener Sportflanell | 72,4 | 174 | 74 | 171 | 77,2 | 163 | 78 | 170 | | | | |
| 28 | Merinos (prima Qualität) | 72,2 | 174 | 72,2 | 174 | 72,2 | 174 | | | | | | |
| 29 | Merinos (inferieure Qualität) | 68,8 | 183 | 71,8 | 176 | 76,2 | 166 | 93 | 136 | | | | |
| 30 | Gefärbte Baumwolle | 73 | 173 | 79 | 160 | 83,6 | 155 | ∞ | 0 | | | | |
| 31 | Wollstoff | 74 | 171 | 78,6 | 161 | 84,4 | 149 | 85 | 148 | | | | |
| 32 | Dickes baumwollenes Molton | 78 | 162 | 83,4 | 151 | 88 | 143 | 85 | 148 | | | | |
| 33 | Satinet | 74,8 | 169 | 76,8 | 164 | 79 | 160 | ∞ | 0 | | | | |
| 34 | Trikotwollstoff | 74,2 | 170 | 76,2 | 166 | 78,6 | 161 | 95 | 134 | | | | |
| 35 | Manchester | 77,2 | 163 | 87,2 | 144 | 102,6 | 124 | 140 | 94,7 | | | | |
| 36 | Kaiserleinen | 83 | 152 | 99,6 | 127 | 122,6 | 103 | 186 | 81,3 | | | | |
| 37 | Blauer Biber | 69 | 182 | 71,4 | 177 | 74,2 | 170 | | | | | | |
| 38 | Rote Baumwolle | 73,2 | 172 | 76,6 | 165 | 84 | 150 | 132,4 | 100 | | | | |
| 39 | Roter Wollstoff | 68 | 184 | 69,4 | 181 | 71 | 178 | 85,6 | 147 | | | | |
| 40 | Grauer Wollstoff | 67,6 | 185 | 69 | 182 | 69,6 | 181 | 89 | 141 | | | | |
| 41 | Graues Militärtuch | 73,4 | 172 | 74,2 | 170 | 76,4 | 166 | 86,2 | 146 | | | | |
| 42 | Rotes Militärtuch | 72,4 | 174 | 75,2 | 168 | 79 | 160 | 86 | 146 | | | | |
| 43 | Gefärbte Baumwolle | 80,2 | 157 | 89,8 | 141 | 107,4 | 114 | 112,6 | 117 | | | | |
| 44 | Federleinen aus Halbleinen | 72 | 175 | 74 | 171 | 76,8 | 164 | ∞ | 0 | | | | |
| 45 | Federleinen aus Halbleinen (infer. Qual.) | 84 | 151 | 102 | 124 | 134 | 94,5 | 197,2 | 70,7 | | | | |
| 46 | Baumw. Gerstenkorn | 126,2 | 100 | 194,4 | 60,4 | 264,4 | 47,4 | 226 | 59 | | | | |
| 47 | Baumw. Gerstenkorn | 75 | 168 | 78 | 162 | 81 | 156 | 223 | 59,8 | | | | |
| 48 | Gelber Köper (inferieure Qualität) | 87,8 | 144 | 108 | 117 | 121,8 | 104 | 125 | 101 | | | | |
| 49 | Gelber Köper (mittlere Qualität) | | 180 | 71,4 | 177 | 72,4 | 174 | 77 | 164 | | | | |
| 50 | Gelber Köper (bessere Qualität) | 73,2 | 172 | 80,2 | 156 | 86 | 146 | 115,2 | 115 | | | | |

Es erübrigt noch zu erörtern, warum ich nicht auch, wie Rubner, bei der Aufstellung meiner Permeabilitätseinheit die Dicke der Stoffe hinzugezogen und sie alle auf 1 mm Dicke berechnet habe. Ich tat dies nur, weil eben Flanell immer dick, glatt gewebte Baumwolle immer dünn gebraucht wird usw. und daher die Zahlen Rubners keinen praktischen, sondern nur theoretischen Wert haben.

Stelle ich meine auf 1 mm berechneten Zahlen neben die Zahlen Rubners, so finde ich folgendes:

| | Rubner | Meine Zahlen |
|---|---|---|
| Leinen, appretiert . . . | 788 | 779 |
| Köper, nicht appretiert . | 247 | 223 |
| Militärtuch . . . . . . | 86,4 | 82. |

Ich glaube also, dafs ich berechtigt bin, auch aus meinen Zahlen einige Schlufsfolgerungen zu ziehen:

Neben den auf die Wärme Beziehung habenden Eigenschaften wird die Permeabilität immer als einer der wichtigsten Faktoren in der Bekleidungsfrage anerkannt, und eine gute Kombination beider Eigenschaften macht ein Gewebe zur Bekleidung geeignet.

In erster Instanz können wir sehen, dafs die Gewebe mit Appretur grofse Verschiedenheiten aufweisen, dafs aber schon nach der ersten Waschung die Unterschiede sich sehr verringert haben. Nehmen wir als Beispiel Nr. 5 der Kollektion, ein glattes, halbleinenes Gewebe, dann finden wir mit Appretur nur eine Permeabilität von 67,2, nach Waschung aber 171, was mit der Zahl für ungewaschenen Flanell übereinstimmt.

Viel wichtigere Änderungen ziehen aber unsere Aufmerksamkeit auf sich, wenn wir den Einflufs der Befeuchtung mit oder ohne Appretur untersuchen.

Mit Appretur finden wir bei demselben Stoff Nr. 5 die Permeabilität nach Befeuchtung *o*, ohne Appretur bleibt die Permeabilität selbst ziemlich gut erhalten, d. h. sie sinkt von 171 in trockenem Zustande auf 161 nach Durchnässung.

Bei den roh gewebten Stoffen aber können wir, wenn auch nicht so ausgesprochen, das umgekehrte Verhalten wahrnehmen. Die Permeabilität ist nach Waschung geringer, die Dicke der

Stoffe hat zugenommen, sie sind mehr oder weniger filzartig geworden.

Z. B. Nr. 13 »Baumwollenes Molton«, trocken ausgewaschen 176, nafs 112, sinkt nach Waschung auf 153, übereinstimmend mit Kaiserleinen Nr. 36 in gewaschenem Zustande. Macht man aber Nr. 13 nach Waschung und Trocknung abermals nafs, so sinkt die Permeabilität nur wenig, zuweilen auf 140, das ist aber immerhin 21 unter Nr. 5, das vor Waschung nafs $p = o$ hatte.

Die billigeren baumwollenen, roh gewebten Stoffe, wie Nr. 23 und 24, zeigen sich mehr von der Durchnässung beeinflufst als die teuereren, z. B. Nr. 18, 19 und 22, aber jedenfalls bleibt immerhin noch eine bedeutende Permeabilität zurück, zumal im Vergleich zu glatt gewebten, dichten Geweben, wie Nr. 5, 7 und 10.

Ich werde nun nur noch die meist permeablen Stoffe meiner Sammlung besprechen, um damit zugleich hervorzuheben, dafs Permeabilität, wenn nicht mit einem gewissen Mafse von Dicke und Dichtigkeit verknüpft, auch wiederum keinen so wertvollen Faktor bildet. Nr. 17 und 15 sind beide sehr gute Flanellsorten, aus Baumwolle hergestellt, mit grofsem Bekleidungswert. Ihre Zahlen sind 185 und 183, daneben finde ich die dünnste Qualität Merino Nr. 29, der gleichsam wie ein Sieb aussieht und so gut wie keinen Bekleidungswert hat. So auch finde ich wollenes Flanell Nr. 18 mit 184 und blaue Bever Nr. 37 mit 182, neben rotem, wollenem Stoff mit geringer Dicke und ziemlich geringem Wert 184, als auch grauen, wollenen Stoff mit gröfserem Bekleidungswert 185. Diese Beispiele sind mit vielen zu vermehren, aber es genügt mir, wenn es mir gelungen ist, nochmals zu betonen, dafs nur eine Reihe von Eigenschaften nebeneinander einem ein Urteil über dieses oder jenes Gewebe gestattet.

Bei Feststellung des Gewichtes von Kleidungsstoffen stöfst man auf Schwierigkeiten. Man mufs doch imstande sein, von allen zu untersuchenden Stoffen Stücke von gleicher Gröfse zu bekommen. Nach einigen erfolglosen Proben gelang es durch den Gebrauch eines sehr scharfen Hohlmeifsels, mit Blei als Unterlage. Auf diese Weise ist es möglich, mit einem starken

Hammerschlag aus 4—8 Lagen eines Stoffes vollkommen gleiche runde Stücke herzustellen, die sich untereinander nicht mehr als 1—2% im Gewicht unterschieden. Diese Stücke hatten einen Diameter von 40 mm, also eine Oberfläche von 12,56 qcm.

Es stellte sich heraus, dafs das Gewicht der verschiedenen Stoffe ziemlich grofse Abweichungen darbot; ich fand Zahlen von 140 mg pro Stück. Durch den grofsen Unterschied in Dickeabmessung können wir aber zur Vergleichung das absolute Gewicht nicht anwenden, und ist es daher notwendig, die Berechnung für das spezifische Gewicht zu machen, wodurch die verschiedenen Gewebe unmittelbar vergleichbar werden. Zur Verdeutlichung, wie die Berechnung gemacht wird, füge ich folgendes hinzu:

Nennen wir das absolute Gewicht eines Stückchens $g$, so soll 1 qcm des untersuchten Stoffes wiegen $\frac{g}{12,56}$ mg. Um jetzt das Gewicht eines Kubikzentimeters zu finden, mufs man $\frac{g}{12,56}$ mit der Zahl multiplizieren, die die Anzahl der Lagen angiebt, notwendig, um 1 cm Dicke des Stoffes zu machen, also $\frac{10}{d}$

$s \cdot g = \frac{g}{12,56} \times \frac{10}{d} = 0,796 \frac{g}{d}$ oder mehr, im allgemeinen

$$s \cdot g = \frac{10\,g}{o \cdot d}.$$

Bei den von mir untersuchten Stoffen variierte das spezifische Gewicht von 107,12 bis 755,44.

Unter den Stoffen mit niedrigem spezifischen Gewicht finden sich die dicksten Stoffe unserer Sammlung, die rohen, grob gewebten Stoffe, sowohl aus Wolle wie auch aus Baumwolle hergestellt. Je dünner und fester das Gewebe, desto höher steigt das spezifische Gewicht. Das höchste fand ich bei einem glatt gewebten, baumwollenen Stoff, sehr dünn und von inferieurer Qualität, die in appretiertem Zustande sehr stark gekleistert war.

In engem Zusammenhang mit dem spezifischen Gewichte steht die Eigenschaft der Gewebe, Wasser festzuhalten. Dieser

Faktor ist nicht nur wichtig für die Überkleidung (bei Regen, Durchnässung usw.), sondern noch viel mehr für die Unterkleidung, wenn wir an das Schwitzen und die Ventilation des Körpers denken.

Eine mathematisch genaue Berechnung dieses Faktors ist kaum zu machen, weil es sehr schwierig ist, auf physikalisch exakte Weise festzustellen, was man unter dieser Eigenschaft verstehen soll. In der Literatur finden sich zwei verschiedene Methoden zur Feststellung dieser Eigenschaft, und es ist immer wieder Rubner, der vollkommen klar den Unterschied auseinandergesetzt und auch den beiden Methoden einen Namen gegeben hat. Er spricht von maximaler und minimaler Kapazität für Wasser.

Die maximale Kapazität wird dadurch gemessen, dafs man ein Stück eines Stoffes von bekannter Gröfse und Schwere sich mit Wasser vollsaugen läfst, was man daran erkennt, dafs der Stoff im Wasser untertaucht. Er wird dann ohne Auspressung gemessen.

Die minimale Kapazität wird dadurch festgestellt, dafs man den Stoff nach Durchnässung stark auspreſst und nachher wiegt. Es ist ohne weiteres begreiflich, dafs, auf diese Weise festgestellt, sowohl die maximale wie auch die minimale Wasserkapazität niemals als ein konstanter Wert betrachtet werden kann. Bei der »maximalen Kapazität für Wasser« ist nicht genau auszumachen, wie lange man warten soll, bis man das Gewicht feststellt (es gibt ja Stoffe, die sich niemals so voll saugen, dafs sie untertauchen). Weiterhin ist nicht angegeben, ob man die anhängenden Wassertropfen vor dem Wiegen abfliefsen lassen oder auf andere Weise fortschaffen soll. Bei der minimalen Wasserkapazität ist es unmöglich, verschiedene Stoffe mit gleicher Kraft auszupressen, wenn man mit den Händen auspreſst.

Ich habe nun die Auspressung mechanisch versucht unter gleichem Druck für alle Stoffe, was mir aber nicht gelungen ist. Daher habe ich gänzlich von dem Versuch abgesehen, die minimale Kapazität für Wasser aufzunehmen und nur die maximale Kapazität in Betracht gezogen.

Die maximale Kapazität, Wasser festzuhalten, habe ich nun folgendermafsen festgestellt: Die zu untersuchenden Stückchen der Gewebe wurden nach gänzlicher Durchnässung in einem Gefäfs aufgehängt, das unten offen und in einem Reservoir mit Wasser aufgestellt war (siehe Figur). Von Dampfabgabe war also keine Rede, nur war die Möglichkeit gegeben, dafs das überflüssige, anhängende Wasser abflofs. Nach einer halben Stunde wurden die Stückchen herausgenommen und gewogen. Auf diese Weise war es möglich, ziemlich konstante Resultate zu bekommen, obwohl man späterhin sehen wird, dafs auch diese Methode nicht völlig genau ist. Die mit dieser Methode gefundenen Zahlen variierten von 50% bis 900% (Gewichtsprozenten). Die nachstehende Tabelle (S. 240) gibt die so gefundenen Zahlen. Rubner nennt für Flanell selbst 1130%, woraus ich ableite, dafs er die Stoffe gewogen hat, ohne sie abtröpfeln zu lassen.[1])

Zugleich rät er, die Berechnung nicht in Gewichtsprozenten, sondern in Volumprozenten zu machen, weil man dann erst eine Einsicht bekommt in einen merkwürdigen, sehr wertvollen Faktor der lose gewebten Kleidungsstoffe.

Um diesen Faktor aber recht verständlich zu machen, erscheint es wünschenswert, im voraus eine kleine Erläuterung zu geben. Unsere Bekleidung besteht hauptsächlich aus Luft, d. h. nicht nur zwischen den einzelnen Lagen der Bekleidung befindet sich Luft von eigentümlicher Zusammenstellung[2]), sondern auch die Kleidungsstoffe selbst bestehen mindestens für die Hälfte, die lose gewebten Stoffe, aber noch für einen viel gröfseren Prozentsatz aus Luft. Zwischen den Fäden der Gewebe findet man gröfsere und kleinere Hohlräume, die mit Kleidungsluft gefüllt sind. Teilweise sind diese Hohlräume miteinander in Verbindung und auch mit der Aufsenwelt, teilweise sind sie abgeschlossen und ändern sie sich sehr wenig nach Art und Gröfse ihres Inhalts. Sehr demonstrativ hat Rubner diese Disposition für verschiedene Gewebe beschrieben und auch durch die Re-

---

1) Siehe Archiv f. Hygiene, Bd. XV, S. 29.

2) Man findet dort viel gröfsere Mengen $CO_2$ bis 33 Volumprozenten.

produktion von mikroskopischen Durchschnitten seiner in Zelluloiden eingebetteten Präparate den Lesern klar vor Augen gestellt.

Das Volum dieser Hohlräume nennen wir das Porenvolum.

Wie berechnet man nun das Porenvolum? Dazu ist es notwendig, das spezifische Gewicht des betreffenden Gewebes zu kennen und auch das spezifische Gewicht des Grundstoffs. Merkwürdigerweise ist nun das spezifische Gewicht des Grundstoffs immer dasselbe, und ist 1300, unabhängig, ob Seide, Wolle, Leinen, Hanf oder Baumwolle zur Herstellung des Gewebes verwendet sind. Das macht es wiederum begreiflich, dafs die Webweise auch diese Eigenschaft ganz beherrscht. Nehmen wir z. B. Nr. 35 meiner Sammlung »Baumwollenes Manchester«, mit einem spezifischen Gewicht von 108 (Wasser 1000 genannt), dann können wir die Berechnung folgenderweise ausführen:

1 ccm baumwollener Grundstoff wiegt 1300 mg, 1 ccm Gewebe wiegt 108 mg. Das Gewicht der Luft in den Poren ist so wenig, dafs wir das bei unserer Berechnung ruhig beiseite lassen können. Auf 1 ccm des Gewebes finden wir also $\frac{108}{1300}$ ccm Baumwolle = 0,0815 ccm.

In den 1000 ccm des Gewebes gibt es also 1000 — 81,5 = 922,5 ccm Luft. Diese Zahl drückt nun das Porenvolum aus. In der nebenstehenden Tabelle finden sich das spezifische Gewicht und das Porenvolum nebeneinander.

(Siehe Tabelle V auf S. 240 u. 241.)

Wenn wir jetzt das aufgenommene Wasser in dieser Tabelle hinzufügen, so finden wir, dafs fast alle Stoffe sich maximal vollsaugen, und aufserdem noch Wasser an der Aufsenseite hängen bleibt.

Meines Erachtens kann man daraus schliefsen, dafs die Methode nicht ganz richtig war, zumal da die Praxis lehrt, dafs die losen Gewebe, Flanell u. dgl., immer noch einen ziemlich grofsen Teil ihres Porenvolums geöffnet behalten, was durch die Permeabilität in nassem Zustande befestigt wird.

Tabelle V. **Porenvolumen.**

| Nr. | Art der Stoffe | Spez. Gew. | Stoff p. qcm in qmm | Porenvolumen in qmm | Wasser-aufnahme 1. Berechnung | Wasseraufn. Durchström.-methode | Restant Poren 1. Berechnung | Restant Poren 2. Berechnung | Anhängend Wasser 1. Berechnung | Anhängend Wasser 2. Berechnung | Permeabilität von |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | Halbleinen | 669 | 514,6 | 485,4 | 502,4 | 489 | 0 | 0 | 17 | 3,6 | 3,23—∞ |
| 6 | Gefärbte Baumwolle | 456 | 350,7 | 649,3 | 875 | 477 | 0 | 172,3 | 225,7 | 0 | $1{,}5^{2}/_{5}$—$1{,}34^{1}/_{5}$ |
| 7 | Gestreifter Satin | 583,44 | 488,8 | 551,2 | 956,7 | 723 | 0 | 0 | 405,5 | 172 | 2,11—∞ |
| 8 | Barchent | 187,37 | 144,1 | 855,9 | 1220,2 | 613 | 0 | 242,9 | 384,3 | 0 | 1,15—1,23 |
| 10 | Halbleinen | 541,5 | 416,5 | 583,5 | 831,4 | 817 | 0 | 0 | 247,9 | 234 | $1{,}21^{1}/_{5}$—∞ |
| 14 | Baumwollenes Molton | 193,1 | 147 | 853 | 1101 | 224 | 0 | 629 | 248 | 0 | 1,19—1,36 |
| 35 | Manchester | 107,12 | 87,5 | 922,5 | 388,5 | 850,9 | 534 | 71,6 | 0 | 0 | 1,17—2,20 |
| 34 | Trikotwollstoff | 184,1 | 141,6 | 858,4 | 958 | 657 | 0 | 201,4 | 100 | 0 | 1,14—1,35 |
| 33 | Satinet | 324,5 | 249,6 | 750,4 | 137 | 1187 | 613,4 viel Stärke | 0 | 0 | 437 | 1,14—∞ |
| 44 | Glattes baumwollenes Gewebe | 501,6 | 385,8 | 614,2 | 1046 | 1481 | 0 | 0 | 431,8 | 868,8 | 1,12—∞ |
| 1 | Glattes baumw. Gewebe (prima Qual.) | 509,6 | 392 | 608 | 748 | 858 | 0 | 0 | 140 | 250 | 1 Min.—2,18 |
| 11 | Grobkörnig. Baumwollgewebe (Dorolas) | 499,7 | 384,4 | 615,6 | 964,3 | 732 | 0 | 0 | 348,7 | 116,4 | 1,48—3,15 |
| 13 | Baumwollenes Molton | 165,12 | 127 | 873 | 1445 | 290 | 0 | 583 | 572 | 0 | 1,24—2,04 |
| 16 | Baumwollener Flanell | 168,8 | 129 | 881 | 732,4 | 178 | 138,6 | 693 | 0 | 0 | $3{,}12^{1}/_{5}$—1,24 |
| 17 | Baumwollenes Molton (prima Qualität) | 174,9 | 134,5 | 865,5 | 796,1 | 469 | 69,4 | 397,5 | 0 | 0 | 1,11—$1{,}22^{2}/_{5}$ |
| 19 | Brauner Biber | 187,5 | 144,2 | 855,8 | 820,4 | 140 | 35,4 | 715,8 | 0 | 0 | $1{,}24^{2}/_{5}$—1,27 |
| 20 | Blaues Leinen | 591,0 | 454,6 | 545,4 | 1290,9 | 482 | 0 | 63,4 | 745,5 | 0 | 1,04—1,37 |
| 21 | Baumwollener Köper | 483,75 | 372,1 | 627,9 | 985,4 | 429 | 0 | 198,9 | 3575 | 0 | 1,12—1,30 |
| 22 | Wollener Sportflanell | 297,5 | 228,8 | 771,2 | 1171 | 471 | 0 | 300,2 | 399,8 | 0 | $1{,}30^{2}/_{5}$—1,36 |
| 23 | Gerauhtes graues Futter | 385,05 | 296,1 | 703,9 | 1367 | 216 | 0 | 487,9 | 663,1 | 0 | 2,11—$2{,}59^{3}/_{5}$ |

**Fortsetzung zu Tabelle V.**

| Nr. | Art der Stoffe | Spez. Gew. | Stoff p. qcm in qmm | Porenvolumen in qmm | Wasser-aufnahme 1. Berechnung | Wasseraufn. Durchström.-methode | Restant Poren 1. Berechnung | Restant Poren 2. Berechnung | Anhängend Wasser 1. Berechnung | Anhängend Wasser 2. Berechnung | Permeabilität von |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | Englisches Leder | 439 | 337,7 | 662,3 | 1736 | 493 | 0 | 169,3 | 1073,7 | 0 | 1,38—4 |
| 25 | Ungebleichte Baumwolle | 555,4 | 427,2 | 572,8 | 573,9 | 506 | 0 | 66,8 | 1,1 | 0 | 1,11³/₅—4,23 |
| 26 | Ungebleichte Baumwolle (infer. Qual.) | 728,95 | 560,7 | 439,3 | 968,3 | 485 | 0 | 0 | 529 | 45,7 | 1,12—3,25 |
| 27 | Baumwollener Sportflanell | 236,14 | 181,5 | 818,5 | 1914 | 588 | 0 | 230,5 | 1095,5 | 0 | 1,12—1,15 |
| 29 | Merinos (inferieure Qualität) | 417,36 | 321 | 679 | 739 | 212 | 0 | 467 | 60 | 0 | 1,09—1,33 |
| 30 | Gefärbte Baumwolle | 355,74 | 273,4 | 726,6 | 749 | 842 | 0 | 0 | 22,4 | 115,4 | 1,13—∞ |
| 31 | Wollstoff | 158,73 | 122,1 | 887,9 | 937 | 153 | 0 | 734,9 | 85,1 | 0 | 1,14—1,25 |
| 32 | Dickes baumwollenes Molton | 175,8 | 127,5 | 872,5 | 1169 | 219 | 0 | 653,5 | 296,5 | 0 | 1,18—1,25²/₅ |
| 36 | Kaiserleinen | 398,8 | 306,8 | 693,2 | 1279 | 617 | 0 | 76,2 | 585,8 | 0 | 1,24¹/₅—3,06 |
| 38 | Rote Baumwolle | 333 | 256,1 | 743,9 | 787 | 518 | 0 | 225,9 | 43,1 | 0 | 1,13—2,12²/₅ |
| 39 | Roter Wollstoff | 245,68 | 188,9 | 821,1 | 838 | 203 | 0 | 618,1 | 16,9 | 0 | 1,11¹/₅—1,25³/₅ |
| 40 | Grauer Wollstoff | 215,34 | 165,6 | 834,4 | 1095 | 538 | 0 | 296,4 | 260,4 | 0 | 1,10¹/₅—1,29 |
| 41 | Graues Militärtuch | 220,9 | 169,9 | 830,1 | 1104 | 209 | 0 | 621,1 | 273,9 | 0 | 1,13³/₅—1,26¹/₅ |
| 42 | Rotes Militärtuch | 273,98 | 210,7 | 789,3 | 1257 | 213 | 0 | 576,3 | 468,7 | 0 | 1,12²/₅—1,26 |
| 43 | Gefärbte Baumwolle | 573,68 | 441,1 | 558,9 | 1384 | 514 | 0 | 44,9 | 825,1 | 0 | 1,20—1,52²/₅ |
| 45 | Federleinen aus Halbleinen | 527,25 | 405,5 | 594,5 | 736,3 | 499 | 0 | 95,5 | 141,8 | 0 | 1,24—3,17¹/₅ |
| 46 | Baumwollenes Gerstenkorn | 608 | 467,6 | 532,4 | 1448 | 238 | 0 | 294,4 | 915,6 | 0 | 2,06—3,46 |
| 47 | Baumw. Gerstenkorn (infer. Qualität) | 563,5 | 433,5 | 566,5 | 1009 | 511 | 0 | 55,5 | 442,5 | 0 | 1,15—3,43 |
| 48 | Gelber Köper (inferieure Qualität) | 376,04 | 288,4 | 721,6 | 570 | 246 | 151,6 | 575,6 | 0 | 0 | 1,27¹/₅—2,05 |
| 49 | Gelber Köper (mittlere Qualität) | 274,06 | 210,8 | 789,2 | 740 | 407 | 49,2 | 382,2 | 0 | 0 | 1,11¹/₅—1,17 |
| 50 | Gelber Köper (bessere Qualität) | 323,82 | 249 | 751 | 622 | 461 | 129 | 290 | 0 | 0 | 1,13—1,55¹/₅ |

Daher fand ich es notwendig, eine ganz neue Methode in Anwendung zu bringen und Zahlen zu suchen, die mehr mit der Praxis übereinstimmten. Wie schon oben gesagt, hatte ich bei meiner Permeabilitätsaufnahme ein Kölbchen eingeschaltet, womit ich die Permeabilität in nassem Zustande untersuchen könnte; jedesmal nun wog ich vor und nach der Untersuchung, welche genau eine Viertelstunde dauerte, die gebrauchten Stückchen und lernte auf diese Weise die Quantität des aufgenommenen Wassers kennen. Diese Zahlen finden sich in derselben Tabelle, und es ist unschwer, darin sogleich die Übereinstimmung der bekannten Eigenschaften der Stoffe mit meinen Aufnahmen zu erkennen.

Unmittelbar sieht man einen deutlichen Unterschied zwischen roher und glatter Webweise, zumal auch zwischen wollenen, baumwollenen und leinenen Stoffen; gibt es doch glatt gewebte Stoffe, die nach einer Viertelstunde vollständig undurchlässig geworden sind für den Druck, den ich angewandt habe, und wenn man die Berechnung macht, sind alle Poren mit Wasser gefüllt, und ist aufserdem, was man schon mikroskopisch sehen kann, noch ein gewisses Quantum Wasser an ihrer Oberfläche kondensiert, ganz wie man das im Sommer mit Leinen oder Halbleinen, das zu Unterkleidern benutzt wird, sehen kann. Die wollenen, zum gröfsten Teil roh gewebten Stoffe zeigen wohl eine, sei es auch geringe, Verminderung ihrer Permeabilität, liefsen aber immer ziemlich viel Gas und Wasserdampf hindurch und zeigten nach Gewichtsaufnahme und Berechnung in Beziehung zu dem Porenquantum eine viel geringere Wasseraufnahme.

Das alles ist aus der Tabelle ohne weiteres deutlich.

Die Berechnung geht folgendermafsen vor sich:

Der Unterschied im Gewicht vor und nach dem Versuch gibt natürlich das aufgenommene Wasser an. Dieses Wasserquantum ist also aufgenommen von einer Oberfläche von 3,14 qcm, weil der Radius des Durchströmungsapparats 1 cm war.[1])

1) Bei Proben mit ausgewaschenen Stoffen ergab sich einige Male diese Berechnung als unverwertbar, weil das aufgenommene Wasser nicht nur in

Um jetzt zu wissen, wieviel Wasser unter den gleichen Umständen in 1 ccm aufgenommen wird, werden die Zahlen mit 3,14 dividiert und nachher multipliziert mit der Zahl, die andeutet, wieviel Lagen nötig sind, um 1 cm Dicke zu machen.

Das Porenvolum ist bekannt; durch Abstrahierung von dem Wasserquantum, in Kubikmeter ausgedrückt, kann man auf einfache Weise berechnen, wieviel vom Porenvolum geöffnet geblieben ist.

Es wird kaum notwendig sein, nochmals zu betonen, wie dies schon so oft getan, dafs aus diesen Untersuchungen ganz in Übereinstimmung mit vorherigen und auch mit der Erfahrung im täglichen Leben deutlich ist, dafs die glatt gewebten leinenen und halbleinenen Stoffe, zumal wenn sie ihr Appret noch nicht verloren haben, sich für Unterkleidung nicht eignen und überhaupt nicht, wenn sie als erste Lage auf der Haut getragen werden. Dazu wirkt auch noch eine andere Eigenschaft, über die Rubner uns wiederum Zahlen geliefert hat, mit; ich meine die starke Adhäsion, die glatt gewebte, durchnäfste Stoffe zeigen. Trikot hat diese Eigenschaft schon viel weniger, roh gewebte, wollene Stoffe gar nicht. Rubner hat dieses Faktum experimentell gezeigt, indem er das durchnäfste Gewebe sich an einer Glasplatte festsaugen liefs. Er stellte nun mittels der Wage das Gewicht fest, das benötigt war, um die Adhäsion aufzuheben.

Die chemischen Reaktionen auf Wolle, Baumwolle und Leinen sind bekannt: in der Praxis scheinen diese Reaktionen mir nicht zutreffend, weil sie zu lange dauern. Viel bequemer ist der Gebrauch des Mikroskops, das in wenigen Augenblicken über die Zusammenstellung der Gewebe Klarheit gibt.

Zur oberflächlichen Unterscheidung von Wolle einerseits, Baumwolle und Leinen anderseits genügt die Brennprobe vollständig. Wolle brennt nicht, aber glimmt und riecht stark nach

---

der Durchströmungsöffnung geblieben war, sondern in der Umgebung aufgesaugt wurde. Wir können in diesem Falle die Zahlen nicht ohne Restriktion verwerten; der praktische Wert der gut erhaltenen Permeabilität bleibt derselbe.

Horn oder Haaren, Baumwolle und Leinen brennen wohl und riechen nach brennendem Papier.

Die Zahl der gebrauchten Fäden pro 1 ccm und der technische Bau der Gewebe haben für unsere Zwecke nur untergeordneten Wert, daher verzichte ich darauf, hier Näheres darüber mitzuteilen. Nur erscheint es mir wünschenswert, hervorzuheben, dafs die Haltbarkeit und damit auch der eigentliche Geldwert der Kleidungsstoffe mit der Webweise in engstem Zusammenhang stehen. Ich hoffe, hiervon später Näheres zu berichten.

# Über die Bildung von homologen und heterologen Agglutininen im Tierkörper.

Von

Dr. **Franz Ballner,** und Dr. **Rudolf Ritter v. Sagasser,**
k. und k. Regimentsarzt. Assistent des Institutes.

(Aus dem Hygienischen Institut der Universität Innsbruck. Vorstand: Prof. A. Lode.)

Mit der Erscheinung, dafs das Serum eines gegen bestimmte Mikroorganismen, wie Typhus-Kolibazillen oder Choleravibrionen, immunisierten Tieres gegen diese Mikroorganismen ein starkes Agglutinationsvermögen annimmt, sind zwei Probleme von hoher wissenschaftlicher Bedeutung und grofsem praktischen Interesse verknüpft: die Serodiagnostik der Mikroben und umgekehrt die Serodiagnostik bestimmter Infektionskrankheiten. Es hatte anfangs den Anschein, als ob die Beeinflussung einer Mikroorganismenart durch das Blutserum eines mit derselben Spezies immunisierten Tieres oder infizierten Organismus ebenso wie die Untersuchungen, die sich an die Pfeiffersche Reaktion im Tierkörper anknüpften, als eine »streng spezifische« aufzufassen sei.

Jedoch die zahllosen, diesem Gegenstande gewidmeten Untersuchungen, welche zumeist auf die Widalschen Publikationen über die Serodiagnostik des Typhus abdominalis zurückgreifen, lieferten bald den Nachweis, dafs der Typhusbazillus auch von fremdem, differentem Serum in beträchtlicher Verdünnung agglutiniert werden könne. Schon Gruber und Durham[1]), die als erste die Verwendung der Agglutination zur Serodiagnostik der

1) Gruber und Durham, Münchner med. Wochenschr., 1896, S. 206.

Mikroben empfahlen, geben an, dafs die Agglutinine zwar nicht streng spezifisch wirken, da auch verwandte Arten je nach dem Grade der Verwandtschaft mehr oder weniger stark beeinflufst werden, dafs sie aber trotzdem ein wertvolles Reagenz von aufserordentlicher Empfindlichkeit darstellen.

Schon im Jahre 1896, kurze Zeit nach der ersten Mitteilung von Gruber und Widal, begann der Streit über die Spezifizität des Phänomens, nachdem Achard und Bensaude[1]), ferner Gilbert und Fournier[2]) Agglutination des Nocardschen Bazillus der Papageienkrankheit durch Typhusserum konstatiert hatten.

Trotz der ausgebreiteten Literatur, die sich seither über diesen Gegenstand gebildet hat, müssen wir den heutigen Standpunkt dahin präzisieren, dafs über die Streitfrage, ob das Agglutinationsphänomen als eine spezifische und diagnostisch eindeutige Erscheinung aufzufassen sei, zurzeit noch keine gesicherten und einheitlichen Anschauungen herrschen. Während ein Teil der Forscher an dem Gesetze der »absoluten Spezifizität«, dem vor allen Pfeiffer Grundlagen zu verschaffen trachtete, festhält, sind zahlreiche Angaben vorhanden, aus denen hervorgeht, dafs der spezifische Charakter des Phänomens einer gewissen Einschränkung bedürfe.

Es war wiederholt aufgefallen, dafs das Serum von immunisierten Tieren aufser dem zur Injektion verwendeten Mikroorganismus auch ganz fernestehende Bakterien, mitunter in ganz erheblichem Grade, agglutinierte. Bei genauer Austitrierung allerdings liefsen sich stets so grofse quantitative Unterschiede erkennen, dafs das Spezifizitätsgesetz aufrechterhalten werden konnte. Die ersten systematischen Untersuchungen über die Agglutinationsfähigkeit eines Immunserums verschiedenen Mikroorganismen gegenüber sind verzeichnet von Mann[3]) und wurden im Würzburger hygienischen Institute durchgeführt.

1) Achard und Bensaude, Soc. med. des hosp., 27. XI. 1896; Semaine med., 1896.

2) Gilbert und Fournier, Acad. de med., 1896; Ref. Semaine medicinale, 1896; beide zitiert nach Köhler, Klin. Jahrbuch, 8, 1902.

3) Mann, Archiv f. Hygiene, Bd. 34, 1899, S. 179.

Mann hat hochwertiges menschliches Typhusserum (Titer 1 : 4000) zusammengebracht mit Vibrio cholerae, Bac. subtilis, Bac. vulgatus, Bac. typhi murium, Bact. Zopfii, Bact. coli, Bac. fluorescens prodigiosus, pyocyaneus und vulgaris, und sehen können, dafs sämtliche Bakterienarten bei einer Verdünnung 1:40 von dem Typhusserum in der Weise beeinflufst wurden, dafs sie sich immobilisierten und zumeist auch agglutinierten. Ein positiver Ausfall der Reaktion liefs sich nur bei Vibrio cholerae, Bact. typhi und typhi murium, sowie bei Bact. coli mit Sicherheit konstatieren, während sich die übrigen verwendeten Mikroorganismenarten für die Ausführung des Agglutinationsphänomens als unbrauchbar erwiesen. Ein Stamm von Bact. coli erreichte laut Tabelle eine Höhe der Reaktion von 1 : 1000. Mann immunisierte auch Kaninchen mit Vibrio cholerae, Bac. typhi und coli und prüfte die drei erhaltenen Immunsera, die übrigens nur niedrige Grenzwerte des homologen Agglutinationsvermögens zeigten, auf ihre Reaktion gegen Bact. typhi, coli, faecalis alkaligenes und Vibrio cholerae. Das Koliserum zeigte sich am wenigsten wirksam und agglutinierte in der Verdünnung 1 : 50 gerade noch das Bact. coli, die anderen Bakterien reagierten in keiner Weise. Das Typhusserum agglutinierte in der Verdünnung 1 : 50 den Koli- und Typhusstamm, während beim Cholera-Immunserum in der genannten Verdünnung Agglutination bei sämtlichen Bakterien eintrat.

Aus einer weiteren Reihe von bemerkenswerten[1]) Untersuchungen läfst sich ersehen, dafs ein Serum, das mit einer starken Agglutinationskraft gegenüber den Typhusbazillen ausgestattet ist, auch die Fähigkeit besitzt, die Kolibakterien sogar in stärkeren Verdünnungen zu agglutinieren. Auch verschiedene Arbeiten der neueren Zeit über das Agglutinationsphänomen bei Typhuserkrankungen gehen dahin hinaus, dafs man die agglutinierenden Eigenschaften des Blutserums von Typhuskranken gegenüber Typhusbazillen nicht als ein absolutes Spezifikum hin-

1) Literaturangaben: Jatta, Zeitschr. f. Hyg. u. Infekt., Bd. 33, S. 199. Köhler und Scheffler, Münchner med. Wochenschr., 1900, Nr. 22. Köhler, Klin. Jahrbuch, 8. 1902.

stellen darf, da neben dem allerdings zumeist beträchtlich höheren Titer gegenüber den Typhusbazillen häufig auch eine bemerkenswerte Agglutinationskraft gegenüber verwandten Mikroorganismenarten gefunden wurde.

Jatta[1]) findet sogar einen bestimmten Parallelismus in der Agglutinationskurve, denn je höher sich die Agglutinationskraft des Typhus-Immunserums für den Typhusbazillus zeigte, desto stärker wurde sie auch im allgemeinen für die verwendeten Kolistämme.

Kastellani[2]) verzeichnet gleichfalls Versuche, aus denen die bereits von Jatta festgestellte Tatsache erhellt. Ein Typhusserum, das die Typhusbazillen in der Verdünnung 1 : 500 agglutinierte, beeinflufste Bact. coli $\alpha$ in der Verdünnung 1 : 100, Bact. coli $\beta$ in der Verdünnung 1 : 200; in einer späteren Zeitperiode, nachdem das Agglutinationsvermögen für Typhusbazillen auf 1 : 15000 gestiegen war, agglutinierte das Serum desselben Tieres Bact. coli $\alpha$ in der Verdünnung 1 : 2000, Bact. coli $\beta$ 1 : 5000.

Jürgens[3]) fafst das Hauptergebnis seiner serodiagnostischen und experimentellen Untersuchungen über die Agglutination der Typhus- und Typhoidbazillen dahin zusammen, dafs bei Typhuserkrankungen neben der Agglutination der Koch-Eberthschen Bazillen auch eine meist schwächere, aber doch manchmal recht starke Agglutination der Kurthschen Bazillen vorhanden sei, und dafs umgekehrt bei Erkrankungen durch Kurthsche Bazillen neben diesen auch die Typhusbazillen agglutiniert werden.

Schon vorher hatte Jürgens im Vereine mit v. Drigalski und Konradi[4]) durch das Tierexperiment nachgewiesen, dafs die Agglutination von mehreren Bakterienspezies durch ein Immunserum keine Folge von Sekundär- oder Mischinfektion zu sein braucht.

---

1) Jatta, a. a. O.

2) Kastellani, Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh., Bd. 37, S. 381.

3) Jürgens, Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh., Bd. 43, S. 372.

4) v. Drigalski, Konradi und Jürgens, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 42, S. 141.

Bruns und Kayser[1]) geben gleichfalls einen Parallelismus zwischen Agglutinationstiter des Immunserums und der Ausdehnung der Gruppenagglutination auf verwandte der zur Immunisierung verwendeten Bakterienspezies zu, halten aber für klinisch diagnostische Zwecke einen raschen, positiven Ausfall der Reaktion (makroskopisch) nach Zugabe von 1 Teil Patientenserum auf 75 Teile 12stündiger Bouillonkultur der betreffenden Bakterien für Typhus und Paratyphus meist für beweisend.

Zupnik und Posner[2]) untersuchten die Agglutinationsverhältnisse des Serums in 64 Typhusfällen, 9 Paratyphusfällen und bei 31 anderen Erkrankungen gegenüber Typhus-, Paratyphus-, typhusähnlichen und Koli-Bazillen. Das Serum von Typhuskranken agglutinierte aufser Typhusbazillen auch Paratyphusbazillen, sowie einige verwandte Bakterienarten; für Typhusbazillen war jedoch der Agglutinationstiter am höchsten. Die Agglutinationskraft der Paratyphussera erstreckte sich nicht nur auf verschiedene Arten von Paratyphusbazillen, sondern auch, allerdings in weit geringerem Grade, auch auf Typhus- und typhusähnliche Bakterien. Die beiden Untersucher folgern daraus, dafs der Agglutination keine Art-, sondern eine Gattungsspezifizität zukomme, und dafs eine positive Widalsche Reaktion nicht einen ätiologisch einheitlichen Krankheitsprozefs, den Abdominaltyphus, anzeige, sondern die entsprechende Krankheitsgruppe. Um einen Rückschlufs auf die Art des Krankheitserregers zu ziehen, müfste der oberste Titerwert des betreffenden Serums für Typhus-, sowie für alle verschiedenen Arten von Paratyphusbazillen ermittelt werden.

Schon durch die erwähnten Versuchsergebnisse mufste die Ansicht von der strengen Spezifizität der Immunsera eine starke Erschütterung erfahren. Während man sich aber immer noch das Mitagglutinieren verwandter Bakterien als eine Gruppenreaktion infolge biologischer Verwandtschaft zwischen zwei Stämmen zu erklären versuchte, hat die Streitfrage nach dem

1) Bruns und Kayser, Zeitschr. f. Hyg., Bd. 43, S. 401.

2) Zupnik und Posner, Prager med. Wochenschr., 1903, Nr. 18; zitiert nach Hygien. Rundschau, Jahrg. XIV, Nr. 4.

streng spezifischen Verhalten der Agglutinine in Immunseris durch die systematischen Untersuchungen von Posselt und v. Sagasser[1]) eine weitere Klärung erfahren. Diese Untersuchungen lieferten den Beweis, dafs das Serum von Kranken, Rekonvaleszenten und künstlich immunisierten Tieren nicht nur die homologe Bakterienart, sondern auch eine Reihe anderer, ganz fernestehender Mikroorganismenarten in ganz beachtenswerten Verdünnungen agglutiniere. Allerdings stellt sich der homologe oder der Titer des Hauptagglutinins immer bedeutend höher als der Titer der Nebenagglutinine.

Als eine Tatsache von besonders schwerwiegender Bedeutung gegen die strenge Spezifizität der Agglutinine mufste ferner noch das Phänomen geltend gemacht werden, das von verschiedenen Autoren in ikterischen Seris verschiedener Provenienz entdeckt wurde. Es war durch vielfache Beobachtungen festgestellt worden, dafs das Blutserum von manchen Patienten mit Ikterus eine auffällige agglutinierende Wirkung gegenüber Typusbazillen und Choleravibrionen zeigte. So fand unter anderen Eckhardt[2]) bei zwei Fällen von Weilscher Krankheit eine Agglutination der Typhusbazillen noch in der Verdünnung 1 : 1000. Steinberg[3]) hat die Sera von 22 Patienten, die an Ikterus aus verschiedenen Ursachen litten, untersucht und in 7 Fällen deutliche agglutinierende Wirkungen der Sera gegenüber Typhusbazillen finden können. Schon früher hatte Stern[4]) die Ansicht ausgesprochen, dafs es nicht die Galle oder einzelne ihrer Bestandteile sind, die dem Blutserum von Ikterischen zuweilen — aber nicht konstant — agglutinierende Eigenschaften verleihen, sondern dafs wahrscheinlich eine den Ikterus begleitende, bzw. ihn verursachende Infektion die agglutinierende Wirkung des Blutserums hervorruft. Steinberg und Lubowski konnten ferner bei experimenteller Proteusinfektion von Kaninchen einen erheblichen Agglutinationswert für Typhus — in einem Falle

1) Posselt und Sagasser, Wiener klin. Wochenschr., 1903, Nr. 24.
2) Eckhardt, Münchner med. Wochenschr., 1902, Nr. 27.
3) Steinberg, Münchner med. Wochenschr., 1904, Nr. 11.
4) Stern, Berliner klin. Wochenschr., 1903, Nr. 30/31.

bis 1 : 1200 — hervorrufen. Ähnliche Resultate erzielten sie durch experimentelle Staphylokokkeninfektion.

Auffallend waren auch die Resultate, die der eine von uns (v. Sagasser) bei der Auswertung des Serums eines nach Neisser-Shiga mittels Tetanusfiltraten immunisierten Kaninchens erhielt. Es zeigte sich die überraschende Tatsache, dafs das der homologen Bakterienart entsprechende Tetanushauptagglutinin nur wenig angestiegen war, während die heterologen Typhus-, Koli-, Dysenterieagglutinine unerwartet hoch gingen.

Es lag nun der Schlufs nahe, dafs auch andere Mikroorganismenarten, die selbst vielleicht gar keine homologen Agglutinine zu bilden vermögen, oder gewisse Bestandteile von Lebewesen, wie Körperzellen, Blutkörperchen usw., bei Einverleibung in den tierischen Organismus eine analoge Steigerung des Agglutinationsvermögens des Serums zu erzeugen vermögen. In Verfolgung dieser Frage nun gingen wir daran, das quantitative Verhalten der Agglutinine verschiedenen Bakterienarten gegenüber in tierischen Normalseris einerseits, in den durch die verschiedenartigsten Immunisierungsprozesse gewonnenen Immunseris anderseits festzustellen.

Für die Gewinnung der Immunsera verwendeten wir ausschliefslich Kaninchen — ausgenommen einen Hund für Immunisation mit Milzbrand und ein Meerschweinchen für die Immunisierung gegen Rosa-Hefe; die Tiere erhielten bei subkutaner Injektion anfangs 24stündige Bakterienkulturen, die durch einstündiges Erhitzen auf 60° abgetötet worden waren. Später verwendeten wir für die Injektion in allen Fällen bei Immunisation mit Mikroorganismen Kulturfiltrate nach Neisser-Shiga.[1]) Die für die Immunisierung benutzten Mikroorganismenarten und Eiweifskörper sind in der nachfolgenden Tabelle enthalten, aus welcher auch die Zahl und Art der Injektionen ersichtlich ist. Vor Beginn des Immunisierungsversuches wurde jedem Tiere Blut entnommen, um die Grenzwerte der Agglutinine der Sera in ihrem normalen Verhalten festzustellen und um einen Anhalts-

1) Neisser und Shiga, Deutsche med. Wochenschr., 1903, Nr. 4.

punkt für die durch den Immunisierungsprozefs erfolgte Steigerung zu erhalten.

Das für die Auswertung notwendige Blut wurde den Versuchstieren aus der Ohrvene entnommen, und es reichte eine verhältnismäfsig geringe Menge aus, da wir uns zur Serumprüfung ausschliefslich der mikroskopischen Methode mittels des hängenden Tropfens bedienten.

Für die Aufschwemmungen der Mikroorganismen verwendeten wir 12stündige, bei 22° gewachsene Agarkulturen von Bact. typhi, coli und dysenteriae, sowie möglichst junge, bei derselben Temperatur gewachsene Agarkulturen der übrigen zur Untersuchung gelangten Bakterienspezies. Die Aufschwemmungen wurden mit steriler, physiologischer Kochsalzlösung stets unter denselben Bedingungen bereitet und durch ein steriles Papierfilter filtriert. Das Serum verdünnten wir gleichfalls mit physiologischer Kochsalzlösung und erzeugten uns das jeweilige Serumbakteriengemisch in der gewünschten Konzentration dadurch, dafs wir gleiche Teile des Serums bzw. seiner Verdünnungen mit gleichen Teilen der Bakterienaufschwemmung im hängenden Tropfen mischten. Das hierbei resultierende Gemisch hat demnach den doppelten Verdünnungsgrad als das verwendete Serum bzw. die Serumverdünnung. Die angelegten hängenden Tropfen wurden in bestimmten Zeiträumen gleichzeitig mit gleich alten Kontrollpräparaten untersucht und die Beobachtungen nicht vor 12 Stunden abgeschlossen. Das Schlufsresultat ist in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

(Siehe Tabelle S. 254—256.)

Den erhaltenen Resultaten zufolge lassen sich unsere Immunsera in mehrere Gruppen einteilen. Bei der ersten Gruppe, in welche wir das Typhus-, Koli-, Dysenterie- und Cholera-Immunserum einreihen, finden wir ein starkes Ansteigen des Titers des homologen oder Hauptagglutinins, hervorgerufen durch Behandlung des Tieres mit der homologen Bakterienart. Neben diesem quantitativ beträchtlich höher stehenden Hauptagglutinin sind aber auch noch solche Agglutinine vorhanden, die auf verschiedene heterologe Bakterienspezies in mehr oder minder hohem Grade einwirken. So erreichte z. B. bei einem Typhus-Immun-

serum das Hauptagglutinin einen Grenzwert von 1 : 5000, während sich die Nebenagglutinine, und zwar den Kolibazillen gegenüber auf 1 : 100, den Dysenteriebazillen gegenüber auf 1 : 200 stellten.

Das Koli-Immunserum mit einem Stande des Hauptagglutinins von 1 : 8000 zeigte den Grenzwert der Nebenagglutinine für Typhusbazillen bei 1 : 200, für Dysenteriebazillen bei 1 : 50. Das Dysenterie-Immunserum mit dem Grenztiter 1 : 2000 für das Hauptagglutinin beeinflufste Typhus- und Kolibazillen nur noch in der Verdünnung 1 : 10, während das Cholera-Immunserum mit dem Titer 1 : 500 die Typhusbazillen in der Verdünnung 1 : 100, die Koli- und Dysenteriebazillen in der Verdünnung 1 : 50 noch mitagglutinierte.

Aufser in den erwähnten Fällen konnten wir noch bei vielen anderen Beispielen, bei welchen Immunisierungen von Kaninchen mit den obigen Mikroorganismen vorgenommen wurden, und bei welchen eine Mischinfektion sicher ausgeschlossen ist, stets ein Mitsteigen der Nebenagglutinine in mehr oder weniger erheblichem Grade vorfinden.

In die zweite Gruppe möchten wir jene Immunsera einreihen, die durch solche Mikroorganismenarten erzeugt werden, die selbst entweder gar kein oder nur ein sehr geringes homologes Agglutinin zu bilden vermögen, während andere im Normalserum bereits vorgebildete und der Steigerung fähige Agglutinine in beträchtlichem Grade emporgehen. Es lassen sich in diese Kategorie die in der Tabelle unter Nr. 5—15 angeführten Sera einbeziehen. Das Serum des mit Baz. Friedländer immunisierten Kaninchens agglutinierte die homologe Bakterienspezies in der Verdünnung 1 : 100, die Typhusbazillen dagegen noch in der Verdünnung 1 : 250. Der Baz. Friedländer ist an und für sich schwer agglutinabel und es liegt hier der Fall vor, dafs die Nebenagglutination der Typhusbazillen den Agglutinationswert gegen die homologe Bakterienspezies ganz beträchtlich überragt.

Man hat schon früher versucht, die Serodiagnostik zur Differenzierung der der Gruppe der Kapselbazillen angehörenden Spezies, sowie zur Abgrenzung dieser Gruppe von ähnlichen

(Fortsetzung des Textes auf S. 257.)

Grenzwerte des Agglutinationsvermögens in Blutseris

| Nr. d. Versuchs | | Art der Sera | gegenüber | | | | | | | | | | | | | | | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Bac. typhi | Bac. coli | Bac. dysenteriae | Strept. Aktinomyc. hominis | Bac. anthracis | Bac. diphtheriae | Bac. Friedländer | Rosa Hefe | Baz. der Hühnercholera | Schimmelpilzsporen | Baz. des Schweinerotlaufs | Bac. tetani | Kaninchenbluterythrocyt | Bac. Rhinoskleromatis | Vibrio cholerae | |
| 1 | Kaninchenserum | normal | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 3 subkutane Injektionen mit Kulturfiltraten nach Neifser-Shiga |
| | | nach Vorbehandlung mit Bac. typhi | 1 : 5000 | 1 : 100 | 1 : 200 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | stark über 1 : 10 | — | 0 | — | |
| 2 | | normal | 1 : 30 | 1 : 10 | 1 : 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | Detto |
| | | nach Vorbehandlung mit Bact. coli | 1 : 200 | 1 : 8000 | 1 : 50 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | — | — | stark über 1 : 10 | — | 0 | — | |
| 3 | | normal | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 5 subkutane Injektionen mit Kulturfiltraten nach Neifser-Shiga |
| | | nach Vorbehandlung mit Bac. dysenteriae | 1 : 10 | 1 : 10 | 1 : 2000 | 0 | 0 | — | 0 | — | 1 : 10 | — | 0 | stark über 1 : 10 | — | 0 | — | |
| 4 | | normal | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 Injektionen mit abgetöteten Kulturen, 2 subkutane Injektionen mit Kulturfiltraten nach Neifser-Shiga |
| | | nach Vorbehandlung mit Vibrio cholerae | 1 : 100 | 1 : 50 | 1 : 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | — | über 1 : 10 | — | — | 1 : 500 | |
| 5 | | normal | 1 : 1 | 1 : 30 | 1 : 10 | — | — | — | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 5 subkutane Injektionen mit Kulturfiltraten nach Neifser-Shiga |
| | | nach Vorbehandlung mit Bac. Friedländer | 1 : 250 | 1 : 30 | 1 : 30 | 0 | — | 0 | 1 : 100 | — | 1 : 30 | — | 0 | 1 : 30 | 0 | 0 | — | |
| 6 | | normal | 1 : 10 | 1 : 1 | 1 : 1 | — | — | — | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | 5 subkutane Injektionen mit abgetötet. Kulturen |
| | | nach Vorbehandlung mit Bac. Friedländer | 1 : 10 | 1 : 10 | 1 : 30 | — | — | — | 1 : 1 | — | 1 : 1 | — | 0 | 0 | — | — | — | |
| 7 | | normal | 1 : 30 | 1 : 5 | 1 : 1 | — | — | — | — | 0 | — | — | — | — | — | — | — | 3 subkutane Injektionen mit Kulturfiltraten nach Neifser-Shiga |
| | | nach Vorbehandlung mit rosa Hefe | 1 : 1000 | 1 : 5 | 1 : 1000 | 0 | — | 0 | 1 : 1 | 0 | 1 : 30 | 0 | 0 | 1 : 30 | 0 | 0 | — | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | Kaninchenserum | normal | 1 : 5 | 1 : 5 | 1 : 5 | — | — | — | — | — | 0 | — | — | — | — | — | — | 7 subkutane Injektionen mit abgetötet. Kulturen, 4 subkutane Injektionen mit Kulturfiltraten nach Neifser-Shiga |
| | | nach Vorbehandlung mit Bac. cholerae Gallinarum | 1 : 250 | 1 : 30 | 1 : 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 : 250 | 0 | 0 | 1 : 30 | 0 | 0 | — | |
| 9 | | normal | 1 : 1 | 1 : 5 | 1 : 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 : 1 | 0 | 0 | — | 4 subkutane Injektionen mit Kulturfiltraten nach Neifser-Shiga |
| | | nach Vorbehandlung mit Schimmelpilzsporen | 1 : 300 | 1 : 10 | 1 : 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 : 1 | 0 | 0 | 1 : 1 | 0 | 0 | — | |
| 10 | | normal | 1 : 5 | 1 : 5 | 1 : 5 | — | — | — | — | — | — | — | 0 | — | — | — | — | 6 subkutane Injektionen mit abgetötet. Kulturen, 5 subkutane Injektionen mit Kulturfiltraten nach Neifser-Shiga |
| | | nach Vorbehandlung mit Bac. Erysipelatos suum | 1 : 100 | 1 : 10 | 1 : 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | |
| 11 | | normal | 1 : 5 | 1 : 15 | 1 : 5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0 | — | 2 subkutane Injektionen mit abgetötet. Kulturen 5 Injektionen m. Kulturfiltraten nach Neifser-Shiga |
| | | nach Vorbehandlung mit Bac. Rhinoskleromatis | 1 : 100 | 1 : 30 | 1 : 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 : 1 | 0 | 0 | — | |
| 12 | | normal | 1 : 20 | 1 : 5 | 1 : 10 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0 | — | — | — | 2 ccm Tetanusbazillen-Bouillonkultur subkut., 4 Injektionen m. Kulturfiltraten nach Neifser-Shiga |
| | | nach Vorbehandlung mit Bac. tetani | 1 : 500 | 1 : 30 | 1 : 30 | 0 | 0 | 0 | 1 : 1 | 0 | 1 : 1 | 0 | 0 | 1 : 100 | 0 | 0 | — | |
| 13 | | normal | 1 : 10 | 1 : 5 | 1 : 10 | — | — | — | — | 0 | — | — | — | — | — | — | — | 3 subkutane Injektionen mit lebenden Kulturen |
| | | nach Vorbehandlung mit rosa Hefe | 1 : 10 | 1 : 100 | 1 : 10 | — | — | — | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | — | — | — | |
| 14 | | normal | 1 : 40 | 1 : 20 | 1 : 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 3 subkutane Injektionen mit Kulturfiltraten nach Neifser-Shiga |
| | | nach Vorbehandlung mit rosa Hefe | 1 : 200 | 1 : 100 | 1 : 50 | — | — | — | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 1 : 1 | — | 0 | — | |
| 15 | Meerschweinchenserum | normal | 1 : 10 | 1 : 10 | 1 : 1 | — | — | — | — | 0 | — | — | — | — | — | — | — | Detto |
| | | nach Vorbehandlung mit rosa Hefe | 1 : 10 | 1 : 50 | 1 : 10 | — | — | — | 0 | 0 | 0 | — | — | 0 | — | — | — | |

Grenzwerte des Agglutinationsvermögens in Blutseris

| Nr. d. Versuchs | Art der Sera | | gegenüber Bac. typhi | Bac. coli | Bac. dysenteriae | Strept. Aktinomyc. hominis | Bac. anthracis | Bac. diphtheriae | Bac. Friedländeri | Rosa Hefe | Baz. der Hühnercholera | Schimmelpilzsporen | Baz. des Schweinerotlaufs | Bac. tetani | Kaninchenbluterythrocyt. | Bac. Rhinoskleromatis | Vibrio cholerae | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16 | Kaninch.-serum | normal | 1 : 5 | 1 : 5 | 1 : 5 | 0 | — | — | — | — | 1 : 30 | — | — | — | — | — | — | 6 subkutane Injektionen mit Kulturfiltraten nach Neifser-Shiga |
| | | nach Vorbehandlung mit Strept. Aktinomyces hominis | 1 : 5 | 1 : 5 | 1 : 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 : 30 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | |
| 17 | Hundeserum | normal | 1 : 30 | 1 : 30 | 1 : 15 | — | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 6 subkutane Injektionen mit abgetötet. Kulturen, 4 Injektionen m. Kulturfiltraten nach Neifser-Shiga |
| | | nach Vorbehandlung mit Bac. anthracis | 1 : 30 | 1 : 30 | 1 : 30 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | — | — | — | |
| 18 | Kaninchenserum | normal | 1 : 10 | 1 : 10 | 1 : 10 | — | — | 0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4 subk. Injektionen mit inaktivierten Kulturen, 3 Injektionen m. Kulturfiltraten nach Neifser-Shiga |
| | | nach Vorbehandlung mit Bac. diphtheriae | 1 : 30 | 1 : 15 | 1 : 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 19 | | normal | 1 : 30 | 1 : 10 | 1 : 5 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0 | 0 | 0 | — | 9 subkutane Injektionen mit je 10 ccm Kaninchenblut |
| | | nach Vorbehandlung mit Kaninchenblut-erythrocyten | 1 : 50 | 1 : 10 | 1 : 5 | 0 | 0 | 0 | 1 : 1 | 0 | 1 : 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | |
| 20 | | normal | 1 : 5 | 1 : 1 | 1 : 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4 subkut. Injektionen v. Leukocyten, gewonnen durch intrapleurale Einspritzung von Aleuronat bei einem Hunde. Die Beeinflussung d. Immunserums auf Hundeblutleukocyten wurde nicht untersucht |
| | | nach Vorbehandlung mit Hundeblut-leukocyten | 1 : 5 | 1 : 1 | 1 : 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 : 1 | 0 | 0 | — | |
| 21 | | normal | 1 : 5 | 1 : 10 | 1 : 5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4 subkutane Injektionen mit Flimmerepithelien aus der Luftröhre des Rindes; die Epithelien wurden nach der Gewinnung mehrmals auf 60° erwärmt und waren bakterienfrei. Die Epithelien zeigten keine Beeinflussung durch d. Immunserum |
| | | nach Vorbehandlung mit Flimmerepithelien | 1 : 30 | 1 : 10 | 1 : 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | |

Mikroorganismen heranzuziehen. Eine ausführliche Zusammenstellung der über diesen Gegenstand ausgeführten Untersuchungen gibt Clairmont[1]) in seiner Abhandlung »Differentialdiagnostische Untersuchungen über Kapselbakterien«, auf welche daher an dieser Stelle verwiesen werden kann. In den Seris verschiedener mit Kapselbakterien immunisierter Tiere wurden Agglutinine gesucht, doch gelangten die Autoren zu keinem sicheren Resultate, indem zwar in einigen Fällen Agglutinine in geringer Konzentration gefunden wurden, in anderen Fällen dagegen solche niemals mit Sicherheit nachgewiesen werden konnten. Clairmont selbst hat die Sera von 16 mit Kapselbakterien immunisierten Kaninchen auf Agglutinationsvermögen geprüft, und es zeigten davon nur 4 agglutinierende Wirkung auf den Immunstamm in der Verdünnung 1 : 100, während die übrigen Sera ohne jeden Einflufs, selbst bei einem Verhältnis 1 : 1, auf den zur Immunisierung verwendeten Stamm sich erwiesen.

Besonders auffallend zeigen sich die Resultate der Serumauswertung bei dem mit Rosa Hefe immunisierten Kaninchen (Vers.-Nr. 7). Eine Beeinflussung der zur Immunisierung verwendeten Spezies konnten wir weder im Normalserum noch im Immunserum konstatieren; auch in der uns zugänglichen Literatur liefsen sich keine Angaben über Agglutination der Hefezellen vorfinden. Typhus- und Dysenteriebazillen dagegen wurden von diesem Serum sogar noch in der Verdünnung 1 : 1000 deutlich agglutiniert. Diese ganz besonders hohen Titres der heterologen Agglutinine, die sicher nicht von einer Mischinfektion durch Verunreinigung der zur Immunisierung verwendeten Kultur herrühren konnten, veranlafsten uns, noch drei weitere Tiere gegen denselben Hefestamm zu immunisieren, um zu sehen, ob das Steigen der Agglutinationsfähigkeit des Serums ein konstanter Befund bei Behandlung von Tieren mit Hefe sei.

Es erhielten ein Kaninchen und ein Meerschweinchen (Vers.-Nr. 14 u. 15) je drei Kulturfiltrate nach Neifser-Shiga in Zwischenräumen von je zehn Tagen, ein weiteres Kaninchen (Vers.-Nr. 13) dreimal je eine Agarkultur, aufgeschwemmt in

1) Clairmont, Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh., Bd. 39, S. 1.

5 ccm physiologischer Kochsalzlösung in nativem Zustande ohne vorheriges Erwärmen. Das letztere Tier zeigte auf die Injektion keine Reaktion, so dafs also der in Verwendung gezogene Stamm kein pathogener war.

Bei der Auswertung des Serums des mit Kulturfiltraten behandelten Kaninchens zeigte sich, dafs Typhusbazillen in der Verdünnung 1 : 200, Kolibazillen bei 1 : 100 und Dysenteriebazillen bei 1 : 50 agglutiniert wurden. Bei dem mit lebenden Kulturen dagegen immunisierten Kaninchen stellte sich der Titer des Immunserums bedeutend niedriger, und zwar wurden agglutiniert:

Typhusbazillen bei 1 : 10,
Kolibazillen » 1 : 100,
Dysenteriebazillen » 1 : 10.

Die geringsten Agglutinationswerte zeigte das Meerschweinchenserum, in dem kaum eine Steigerung gegenüber den Agglutinationsverhältnissen im Normalserum nachzuweisen war.

Aus diesen Parallelversuchen geht demnach eine wichtige und interessante Tatsache hervor. In allen vier Fällen wurde derselbe Stamm zur Immunisierung benutzt, dessen Reinheit nach den Ergebnissen der jedesmaligen mikroskopischen Untersuchung aufser jedem Zweifel steht, in allen Fällen wurde ferner eine gleiche Menge von Material für die Injektionen verwendet (eine Agarkultur für eine einmalige Einspritzung).

Sämtliche Tiere erhielten drei subkutane Injektionen in gleichen Zwischenräumen, und doch verlief die Reaktion bei jedem Tiere in anderer Weise. Trotz der gröfstmöglichsten Einheitlichkeit in der Behandlung der Tiere finden sich doch so bedeutende Differenzen in der Art und Menge der produzierten Agglutinine, dafs wir zu der Annahme gelangen müssen, dafs nicht nur bei verschiedenen Tierspezies, sondern auch bei ein und derselben Tierart stark individuelle Unterschiede in der Immunitätsreaktion bestehen.

Dafs sich im allgemeinen die Titers der produzierten Agglutinine bei Behandlung mit lebenden oder abgetöteten Kulturen niedriger stellen als bei Behandlung mit Kulturfiltraten, konnten wir übrigens auch in einem Parallelversuch bei Immunisierung

mit Baz. Friedländer beobachten. Mit derselben Kultur und an denselben Tagen, an welchen das Kaninchen in Vers.-Nr. 5 injiziert wurde, erhielt das Kaninchen Vers.-Nr. 6 Injektionen mit durch einstündiges Erwärmen auf 65° abgetöteten Kulturen von Baz. Friedländer. Das letztere Tier magerte schon nach der ersten Injektion sichtlich ab und kam bei der weiteren Behandlung immer mehr herunter. Die Blutentnahme von beiden Tieren erfolgte an demselben Tage, und die Auswertung zeigte, dafs der Titer des Immunserums des mit den abgetöteten Kulturen behandelten Kaninchens sich kaum von dem des Normalserums unterscheidet.

Das Serum des mit dem Bazillus der Hühnercholera behandelten Kaninchens agglutinierte diesen Mikroorganismus noch in der Verdünnung 1 : 250; auf gleicher Höhe stand auch der Titer für die Typhusbazillen, während Dysenteriebazillen noch in der Verdünnung 1 : 100 beeinflufst wurden. Analoge Verhältnisse, wenn auch nicht genau mit denselben Grenzwerten bezüglich der heterologen Agglutinine liegen vor bei den mit Kulturfiltraten von Schimmelpilzsporen, des Bazillus des Schweinerotlaufs und den Erregern des Rhinoskleroms immunisierten Tieren. Der Immunstamm bleibt in allen diesen Fällen unbeeinflufst, während das Agglutinationsvermögen des Serums für Typhus-, Koli- und Dysenteriebazillen in merklichem Grade gegenüber dem Titer im Normalserum gestiegen ist.

Auch in den Normalseris der Untersuchungstiere liefs sich ein allerdings nur sehr geringes Agglutinationsvermögen für Typhus-, Koli- und Dysenteriebazillen nachweisen, und diese beim Normaltier gewissermafsen vorgebildeten Agglutinine scheinen beim Immunisierungsprozefs eine Steigerung erfahren zu haben. Wassermann[1]) hat die Frage untersucht, ob die im normalen Serum vorhandenen und die bei der Immunisierung von Tieren im Immunserum auftretenden agglutinierenden Substanzen identische oder verschiedene Körper seien. Früher neigte man mehr der letzteren Ansicht zu. Man nahm an, dafs es sich bei den im normalen Serum vorkommenden Agglutininen um nicht spe-

1) Wassermann, Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh., Bd. 42, S. 276.

zifische Stoffe handle, die gleichzeitig alle möglichen Bakterien zu agglutinieren vermögen, während im Immunserum ein anderes, spezifisches, nur auf eine einzige Bakterienart abgestimmtes Agglutinin auftrete. Diese Ansicht mufste aber aufgegeben werden, als Ford unter Wassermanns Leitung die Identität der im normalen Serum vorhandenen Hämagglutinine mit den im Immunserum auftretenden nachwies. Bei der vollkommenen Analogie zwischen Hämagglutininen und Bakterienagglutininen läfst sich der gleiche Schlufs auch für die letzteren ziehen. Nach dieser Annahme wären demnach die Immunagglutinine nur infolge des Immunisierungsvorganges vermehrt abgestofsene Gruppen, welche unter Umständen in geringer Anzahl bereits im normalen Serum abgestofsen kreisen.

Auch nach den Resultaten unserer Auswertungen möchten wir dieser Ansicht Wassermanns beipflichten; wir fanden in sämtlichen Normalseris eine gewisse Agglutinationsfähigkeit für Typhus-, Koli- und Dysenteriebazillen, und bei den meisten Immunisierungen mit nicht agglutinierbaren Mikroorganismenarten erfuhren alle diese vorgebildeten Agglutinine eine Steigerung, die allerdings für die einzelnen Spezies quantitativ eine verschiedene ist. Den höchsten Titer erreicht zumeist das Typhusagglutinin, während die Koli- und Dysenterieagglutinine gewöhnlich weit hinter dem ersteren zurückbleiben. Bei einzelnen Immunisierungen jedoch und zwar bei den mit Streptothrix Aktinomyces hominis, Bac. Anthracis und Diphtheriae behandelten Tieren liefs sich überhaupt keine Steigerung des Agglutinationsvermögens erreichen. Desgleichen erfolgte auch keine Reaktion im Serum der mit Erythrocyten und Leukocyten injizierten Tiere, während sich bei dem mit Flimmerepithelien behandelten Kaninchen das Agglutinationsvermögen für Typhus- und Dysenteriebazillen von 1 : 5 auf 1 : 30 erhöhte.

Es scheint demnach bei Immunisierungsprozessen der tierische Organismus in bezug auf Agglutininbildung in mehrfacher Weise zu reagieren: entweder mehr oder weniger spezifisch mit hohem Ansteigen des homologen Agglutinins, wobei die Grenzwerte für die verschiedenen heterologen Agglutinine nur verhältnismäfsig

niedrig stehen, oder die Reaktion ist eine nicht spezifische und äufsert sich in einem beträchtlichen Emporgehen sämtlicher steigerungsfähiger Agglutinine, entsprechend dem Grade ihrer Steigerungsfähigkeit. Wir denken uns die Agglutinine als Reaktionsprodukte des tierischen Organismus auf die Wirkung der Substanzen, die dem Tierkörper einverleibt werden. Bei unseren Immunisierungsversuchen wählten wir der Qualität nach höchst differente Stoffe: aufser der Leibessubstanz der Mikroorganismen kamen auch deren Stoffwechselprodukte, das Stroma der weifsen und roten Blutkörperchen, ferner die Leibesbestandteile von tierischen Zellen für die Bildung von Agglutininen in Betracht.

Ehrlich stellt sich nun die Bildung der Agglutinine in der Weise vor, dafs die eingebrachten fremdartigen Molekülkomplexe sich mit spezifischen Seitenketten vereinigen, wobei es beim Ersatze gesättigter Rezeptoren leicht zu solcher Überproduktion kommt, dafs ungesättigte Rezeptoren abgestofsen werden und frei im Blute zirkulieren, die dann die in dem betreffenden Blute vorrätigen Agglutinine darstellen. Die agglutinablen Substanzen, sowie die Agglutinine dürfen wir uns jedoch nicht als einheitliche Körper vorstellen, sondern es besteht die Substanz der Bakterien aus zahlreichen verschiedenen Bestandteilen, von denen jeder, wenn er im infizierten Organismus eine entsprechende haptophore Gruppe findet, zur Bildung des entsprechenden Agglutinins führt.

Das Phänomen der Nebenagglutination würde sich daher durch gleichzeitige Produktion von Rezeptoren durch die übrigen Seitenketten in dem Mafse des Produktionsvermögens des Leistungskernes erklären lassen. Aus der Inanspruchnahme der spezifischen und nicht spezifischen Seitenketten ergibt sich die Produktion des Gesamtagglutinins im Sinne Wassermanns.

Eine Bakterienart, die nicht durch eine Seitenkette verankert wird, weil keine spezifische Bindung erfolgt, kann daher kein homologes Agglutinin produzieren, sondern gibt nach unseren Versuchen Veranlassung zur Bildung verschiedener, annähernd gleich hochstehender Agglutinine. Es müfste nach der Seitenkettentheorie angenommen werden, dafs die ungleichmäfsig ausgebildeten haptophoren Gruppen der Ausgangskörper von den

Seitenketten partiell verankert werden, so dafs der Organismus, unfähig, spezifisch zu reagieren, in einer ihm geläufigeren Form der Agglutininproduktion antwortet.

Das Serum des mit Tetanusbazillen behandelten Kaninchens verhält sich insofern etwas verschieden von den anderen Seris, als das Tetanushauptagglutinin bis 1 : 100 reichte, das Typhusagglutinin dagegen unerwartet hoch emporschnellte. Das Tetanusagglutinin ist uns schon als ein wenig steigerungsfähiges Agglutinin bekannt; es liefs sich, wie wir schon früher beobachten konnten, auch bei Einverleibung von grofsen Kulturmengen von Bac. tetani nur bis zu einer bescheidenen Höhe bringen, während die hohen Titers der Nebenagglutinine zeigten, dafs der Organismus, auch wenn er nicht spezifisch reagiert, doch in einer anderen Form Agglutinine zu produzieren vermag. Überraschend ist dabei die mit den bisherigen Anschauungen über die Spezifität der Immunsera nicht im Einklang stehende Erscheinung, dafs durch einen artfremden Prozefs ein Agglutinin einer Spezies gebildet wird, die mit der Erregung des Prozesses selbst gar nichts zu tun hat; ja, das artgleiche Agglutinin erfährt noch eine bedeutende Überholung durch ein oder mehrere Nebenagglutinine.

Die allerparadoxesten Fälle aber bilden die Immunsera mit fehlender artgleicher und hoher, dem Serum gewissermafsen einen falschen Stempel aufdrückender artfremder Agglutinationsfähigkeit. Ein solches Serum könnte z. B. sehr leicht als Typhus-Immunserum imponieren, wenn wir bei der üblichen Auswertung mit mehreren Bakterienspezies vor allem ein hohes Typhusagglutinin aufdecken, daneben aber auch andere unter dem Typhustiter wertende Nebenagglutinine. Nach der herrschenden Anschauung entspricht nur das am höchsten stehende Agglutinin dem Krankheitserreger oder der zur Vorbehandlung verwendeten Spezies. Nach unseren Versuchen aber kann diese Anschauung nicht unbedingte Gültigkeit besitzen. So ergibt die Auswertung des Serums des mit Filtraten von Schimmelpilzsporen behandelten Kaninchens einen Titer des Typhusagglutinins von 1 : 300, des Koliagglutinins von 1 : 10, des Dysenterieagglutinins von 1 : 30. Die Sporen selbst werden durch das

Serum in keiner Weise beeinflufst. Ein solches Serum würde ohne weiteres als ein Typhus-Immunserum anzusprechen sein, und doch wäre diese Beurteilung aus der blofsen Auswertung ohne Kenntnis der Vorgeschichte des Immunisierungsprozesses eine falsche Serodiagnose.

Auffallend ist ferner die Erscheinung, dafs sich bei Immunisierung mit einzelnen Bakterienspezies eine Steigerung des Agglutinationsvermögens des Serums überhaupt nicht erreichen liefs; eine befriedigende Erklärung für den gänzlich reaktionslosen Verlauf der Immunisierungsprozesse mit den Erregern des Milzbrand, der Aktinomykose und der Diphtherie vermögen wir uns nicht zu geben. In den genannten drei Fällen steht der Titer des Serums auch nach wiederholten Immunisierungen nicht höher als im Normalserum. Die zur Vorbehandlung verwendeten Mikroorganismenspezies sind allerdings nicht agglutinabel, doch es geht aus den Resultaten der anderen Serumauswertungen hervor, dafs ein gesteigertes Agglutinationsvermögen für leicht agglutinable Mikroorganismen in Immunseris auch dann eintreten kann, wenn die zur Immunisierung verwendete Spezies keine Agglutinationsfähigkeit besitzt.

Die Reaktion im Sinne einer Steigerung des Agglutinationsvermögens ist ferner auch ausgeblieben bei der Immunisierung mit Leukocyten und Erythrocyten. Es scheint also nicht die Schädigung als solche, welche durch die Einverleibung eines Infektionserregers oder gewisser Molekülkomplexe in den tierischen Organismus erzeugt wird, die Ursache der Bildung von Agglutininen zu sein, sondern es dürfte von der Natur des eingeführten Stoffes in erster Linie die Art und Weise abhängen, mit welcher der tierische Organismus bei den Immunisierungsprozessen reagiert.

Es erweisen sich hier die Verhältnisse so kompliziert, dafs wir nicht in der Lage sind, aus unseren Untersuchungen einige Anhaltspunkte über das Wesen der Agglutinationsreaktion zu gewinnen. Es ist auch die Frage noch nicht gelöst, in welcher Beziehung die Agglutination zur Immunität überhaupt steht, und ob dieses Phänomen mit einer Schutzwirkung des Organismus

in einen gewissen Zusammenhang zu bringen ist. Denn es kann z. B. auch bei klinisch unzweifelhaften Typhusfällen, wie aus zahlreichen Angaben zu ersehen ist, die Agglutinationsreaktion bei günstigem Verlauf des Infektionsprozesses gänzlich ausbleiben, anderseits in der Rekonvaleszenz bei stetig steigendem Agglutiningehalt eine Rezidive der Krankheit eintreten. Man stellt daher heute die Gruber-Widalsche Reaktion nicht mehr als ein vollkommen verläfsliches Diagnostikum eines Typhusprozesses hin, sondern höchstens als ein Symptom dieser Erkrankung, das aber auch fehlen kann und mit der Schwere des Prozesses und der Prognose desselben nichts zu tun hat.

Auf keinen Fall aber kann die Ansicht, die auch Lion[1]) in einer neueren Arbeit über »Die Methoden zur Ausführung der Gruber-Widalschen Reaktion« zum Ausdruck bringt, ihre Gültigkeit haben. In derselben stellt nämlich Lion den Satz auf, dafs jetzt wohl allgemein der Standpunkt eingenommen werden dürfte, dafs erst bei einer Verdünnung des Serums von 1 : 50 und mehr der positive Ausfall der Reaktion für die Diagnose des Typhus verwertet werden könne. Nach den Ergebnissen der neueren Untersuchungen wird es sich vielmehr für differentialdiagnostische Zwecke als unbedingt notwendig erweisen, für die in Betracht kommenden Bakterien die Endgrenzwerte festzustellen und erst aus der Vergleichung dieser Zahlen wird ein Rückschlufs auf die Art und den Charakter des Serums gestattet sein.

Der positive Ausfall der Agglutinationsreaktion kann aber immer noch unter Umständen zu diagnostischen Irrtümern führen; es läfst sich, wie aus unseren Versuchsresultaten hervorgeht, der Nachweis erbringen, dafs gewisse, schwer oder nicht agglutinable Mikroorganismen bei Einverleibung in den tierischen Organismus eine derartige Steigerung der Agglutininproduktion hervorrufen können, dafs dadurch ein anderer, fremdartiger Immunisierungsprozefs vorgetäuscht wird. Die Ansicht, dafs das am höchsten stehende Agglutinin dem Krankheitserreger oder

1) Lion, Münchner med. Wochenschr., Nr. 21, 1904.

dem zur Immunisierung verwendeten Mikroorganismus entspricht, kann daher keine unbedingte Gültigkeit mehr haben. In solchen Fällen, in denen die diagnostische Auswertung des Serums eines Kranken behufs Ermittlung des Infektionserregers hohe Agglutinine aufdeckt, wäre — theoretisch wenigstens — immer an die Möglichkeit einer solchen heterologen Infektion zu denken.

Allerdings liegen bei den für uns in Betracht kommenden Infektionskrankheiten, wie Typhus, Cholera und Dysenterie, gewissermafsen infolge eines biologischen Zufalles zumeist die Verhältnisse so, dafs die Agglutinationswirkung des Serums der eigenen Art gegenüber bedeutend stärker zutage tritt als gegen die fremden Spezies. Je höher der homologe Agglutinationstiter die übrigen Titres überragt, mit desto mehr Wahrscheinlichkeit dürfte wohl der Mikroorganismus, welcher die höchsten Grenzwerte im Agglutinationsvermögen zeigt, als der Krankheitserreger anzusprechen sein. Dafs man die Resultate der Auswertung eines Serums für die Stellung der Diagnose immer nur mit einer gewissen Vorsicht verwerten darf, zeigt ein von Lommel[1]) berichteter Fall von puerperaler Sepsis von der Jenaer medizinischen Klinik, bei welchem sämtliche klinische Erscheinungen eine Differentialdiagnose zwischen Typhus und Sepsis nicht gestatteten, und bei welchem der sehr starke positive Ausfall der Reaktion bei 1 : 80 fälschlich zur Annahme eines Typhus veranlafste. Wahrscheinlich hat in diesem Falle die Infektion mit dem den Puerperalprozefs hervorrufenden Mikroorganismus die Bildung von Agglutininen angeregt, die auch den Typhusbazillus in dieser Verdünnung noch deutlich zu agglutinieren vermochten, wodurch die Veranlassung zur Stellung der Fehldiagnose auf Grund der Gruber-Widalschen Reaktion gegeben wurde.

---

1) Lommel, Münchner med. Wochenschr., 1902, S. 314.

# Über spezifische Bindung von Agglutininen bei Absorptionsversuchen.

Von

Dr. **Franz Ballner**, und Dr. **Rudolf Ritter v. Sagasser**,
k. u. k. Regimentsarzt. Assistent des Institutes.

(Aus dem Hygienischen Institute der k. k. Universität Innsbruck. Vorstand: Prof. A. Lode.)

Gruber[1]) hat als Erster festgestellt, dafs die Agglutinine der Typhus- bzw. Cholera-Immunsera bei der Agglutinationsreaktion aufgebraucht werden. Später hat Bordet[2]) in seinen Arbeiten die bei der Agglutination erfolgende spezifische Bindung betont und durch Absorptionsversuche die Spezifizität der auf verschiedene Bakterien wirkenden normalen Agglutinine desselben Serums nachgewiesen. Bei Eintragung von Choleravibrionen in ein dieselben agglutinierendes normales Pferdeserum und nach Zentrifugierung agglutinierte das Absorbat diese Bakterienart nicht mehr, wohl aber noch kräftig den Typhusbazillus. In gleicher Weise gelang der umgekehrte Versuch.

Auch Hahn und Trommsdorff[3]) konnten die Gruberschen Angaben über den Aufbrauch der Agglutinine bei der Reaktion bestätigen. Ein Typhusserum z. B., das noch in der Verdünnung 1 : 1600 sofort deutliche makroskopische Agglutination zeigte, wurde, nachdem es vier Stunden mit Typhusbazillen

1) M. Gruber, Wiener klin. Wochenschr., 1896, Nr. 11 u. 12.

2) Bordet, Annales de l'Institut Pasteur, 1899, XIII, p. 225.

3) Hahn u. Trommsdorf, Münchner med. Wochenschr., 1900, S. 413.

bei 37° C gestanden hatte, von den agglutinierten Bakterien durch Zentrifugieren getrennt und mit frischen Typhusbazillen versetzt: erst bei einer Verdünnung von 1 : 400 trat nunmehr sofortige deutliche Agglutination mikroskopisch ein und bei 1 : 800 war die Agglutination erst in einer Stunde deutlich sichtbar.

Eine vollkommene Absorption der Agglutinine aus einem unverdünnten, hochwertigen Immunserum erreichten Eisenberg und Volk[1]) durch wiederholtes Eintragen von frischen Bakterien in dieses Serum. Nach der achten Eintragung erwies sich das abzentrifugierte Absorbat als agglutininfrei. Von diesen beiden Forschern wurden auch die quantitativen Verhältnisse bei der Bindung des Agglutinins in eingehender Weise studiert.

Der schon von Bordet gefundenen spezifischen Bindung bei der elektiven Absorption widersprechen die Versuchsresultate von Kastellani[2]), der den Verlust des Agglutinationsvermögens eines Serums bei der Absorption für die Diagnose gemischter Infektionen zu verwerten suchte. Der eine seiner Schlufssätze lautet, dafs das Serum eines gegen einen bestimmten Mikroorganismus immunisierten Tieres nach Versetzung mit demselben Mikroorganismus sein Agglutinationsvermögen für diesen sowohl, als für alle anderen, die es erst beeinflufste, verliert; mit diesen letzteren versetzt, verliert es jenes Vermögen für dieselben, nicht aber in erwähnenswertem Grade für den ersteren; mit Mikroorganismen versetzt, die es nicht beeinflufst, bleibt sein Agglutinationsvermögen gänzlich intakt.

Zur Klärung dieses Widerspruches in den Anschauungen haben Posselt und v. Sagasser[3]) in einer grofsen Versuchsreihe eingehende Untersuchungen über die Beeinflussung der Agglutinine durch spezifische Absorptionen angestellt und in einwandsfreier Weise den spezifischen Charakter der Bindung der Agglutinine bei der elektiven Absorption festgestellt. Es

1) Eisenberg und Volk, Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankh., Bd. 40, 1902, S. 155.

2) Kastellani, Dieselbe Zeitschr., Bd. 40, 1902, S. 1.

3) Posselt und v. Sagasser, Wiener klin. Wochenschr., 1903, Nr. 24.

wurde an den Seris von Immuntieren und Infektionskranken die Prüfung der Agglutinationskraft verschiedenen Bakterien gegenüber vor und nach den Absorptionen vorgenommen, und zwar sowohl des spezifischen als auch der übrigen Agglutinine. Dabei ergab sich, dafs bei partieller Absorption das Serum blofs seiner agglutinierenden Fähigkeit gegenüber der Bakterienart beraubt wird, die zur Absorption verwendet wurde. Bei Auswertung der Absorbate waren stets die Agglutinine mit Ausnahme des absorbierten vorhanden; sie waren in ihren Grenzwerten zu allermeist gestiegen, seltener sich gleichgeblieben und nur ganz ausnahmsweise niedriger als früher, fehlten aber niemals.

Es decken sich diese eine strenge Spezifizität der Absorption ergebenden Resultate nicht ganz mit der Ansicht von Wassermann[1]); dieser Forscher fafst sämtliche in einem Serum enthaltenen Agglutinine als Gesamtagglutinin zusammen und sagt, dafs eine heterologe Bakterienart nur einen Teil des Gesamtagglutinins als das ihr zukommende Partialagglutinin, eine homologe Bakterienart, d. i. jene Spezies, mit welcher das serumliefernde Tier vorbehandelt war, oder die den spezifischen Infektionserreger bei einem Kranken darstellt, auch heterologe Agglutinine zum Teil zu entziehen vermag. Zur experimentellen Bestätigung dieser Annahme Wassermanns, dafs also die Herabsetzung des Agglutinationswertes eines Serums bei Zusatz einer homologen Bakterienart eine bedeutend stärkere sein mufs, als wenn man eine heterologe Bakterienart zusetzt, hat Totsuka[2]) die Bindungsverhältnisse von homologen und heterologen Agglutininen bei der elektiven Absorption untersucht. Er arbeitete dabei mit einem Typhus-Immunserum, das Typhusbazillen noch in der Verdünnung 1 : 4000 agglutinierte, die zwei verwendeten Kolistämme dagegen noch in der Verdünnung 1 : 200. Zu diesem Serum setzte er einerseits Typhusbazillen, anderseits die beiden Kolistämme und zentrifugierte nach eingetretener Agglutination ab. Das Serum, in welches die Typhusbazillen eingetragen worden waren, agglutinierte nach dem Zentrifugieren diese Bazillen in

1) Wassermann, Zeitschr. f. Hygiene, 1903, Bd. 42, S. 267.
2) Totsuka, Zeitschr. f. Hygiene, 1903, Bd. 45, S. 115.

der Verdünnung 1:500 nicht mehr, während der ursprüngliche Titer 1:4000 betrug. Das Zentrifugat in den Röhrchen mit den zwei eingetragenen Kolistämmen agglutinierte dagegen die Typhusbazillen in unveränderter Höhe, d. h. auch in der Verdünnung 1:4000.

Totsuka bestimmte blofs den Titer des homologen Agglutinins, nachdem er die Kolipartialanteile durch Zusatz von Kolibazillen ausgeschaltet hatte; in beiden Fällen fand er eine Integrität der Typhusanteile; dagegen hat Totsuka das Verhalten der heterologen Kolipartialanteile nach Absorption des homologen Typhusagglutinins nicht weiter untersucht.

Hetsch und Lentz[1]) haben in jüngster Zeit die Spezifizität der im normalen und im Serum eines gegen Cholera immunisierten Pferdes enthaltenen Agglutinine durch Absorption mit echten Cholerastämmen und choleraähnlichen Vibrionen nachgewiesen; es war nach der Absorption der Ausfall der dem eingesäten Stamm homologen Agglutinine stets ein relativ starker, während derjenige der nicht homologen Agglutinine entweder Null oder doch nur ein sehr geringer war.

Indem wir nun von dieser durch die obengenannten Versuche (Bordet, Posselt und v. Sagasser, Hetsch und Lentz) erwiesenen Spezifizität bei der Absorption der Agglutinine durch eine homologe oder heterologe Bakterienspezies ausgingen, legten wir uns die Frage vor, ob sich der spezifische Charakter der Bindung nicht auch durch eine Umkehrung der Reaktion, nämlich durch Prüfung der von den Bakterien nach stattgefundener Absorption abgetrennten Agglutinine erbringen liefse. Die Möglichkeit einer solchen Abtrennung vorausgesetzt, müfste der Titer der aus den agglutinierten Bakterien hergestellten Agglutininlösung dem Ausfalle des Agglutinationswertes des mit diesen Bakterien behandelten Serumabsorbates entsprechen.

Während man sich also bei den bisherigen Untersuchungen zur Ermittlung der durch die verschiedenen Mikroorganismengattungen bei der Absorption gebundenen Agglutinine blofs auf die Austitrierung der Zentrifugate, die aus dem Serum nach

1) Hetsch und Lentz, Festschrift für Robert Koch, 1903, S. 17.

erfolgter Agglutination hergestellt wurden, allein beschränkte, handelte es sich für uns hauptsächlich darum, die Spezifizität der Agglutininbindung durch die Mikroorganismen von einem neuen Gesichtspunkte aus, nämlich durch die Umkehrung der Agglutinationsreaktion, festzustellen.

Aus den uns vorliegenden Literaturangaben, auf die wir später noch ausführlich zurückkommen wollen, glaubten wir annehmen zu können, dafs die Extraktion der Agglutinine keine Schwierigkeiten bereiten werde. Doch wollen wir gleich jetzt bemerken, dafs uns die geplante Extraktion, die wir nach den bisher beschriebenen Methoden vornahmen, nicht gelungen ist. Dagegen ergaben die gewissermassen als Vorversuche ausgeführten quantitativen Auswertungen der Agglutininreste der Sera eine vollständige Bestätigung der Resultate von Posselt und v. Sagasser, betreffend die Spezifizität der Bindung der Agglutinine durch homologe und heterologe Bakterienarten. Wir ermittelten nämlich bei den zur Verwendung gelangten Immunseris zuerst den Agglutinationswert gegenüber der homologen Bakterienart, sodann auch gegenüber anderen heterologen Bakterienspezies. In gleicher Weise wurde auch das Agglutinationsvermögen der Absorbate geprüft; durch diese letztere Prüfung erhielten wir dann die Anhaltspunkte dafür, wie sich die Agglutinationswerte in den aus den agglutinierten Bakterien hergestellten Agglutininlösungen, die Möglichkeit der Extraktion vorausgesetzt, verhalten müfsten.

In den Einzelheiten gestaltete sich unser Untersuchungsvorgang folgendermafsen: Die Immunsera gewannen wir durch sorgfältige Behandlung von Kaninchen mit Kulturfiltraten, hergestellt nach Neifser und Shiga.[1]) Für die Auswertung bedienten wir uns ausschliefslich der mikroskopischen Methode der Bestimmung der Agglutination mittels hängender Tropfen. Für die Herstellung der Verdünnungen kam physiologische Kochsalzlösung als Verdünnungsflüssigkeit zur Verwendung; Serum und Kochsalzlösung wurden im sterilen Glasschälchen gut durch-

---

1) Neifser und Shiga, Deutsche med. Wochenschr., 1903, Nr. 4.

gemischt und sodann eine Öse der Serumverdünnung am Deckgläschen mit einer gleichen Öse Bakterienaufschwemmung verrieben, so dafs am Deckgläschen der doppelte Verdünnungsgrad des Serums wie im Glasschälchen resultierte.

Zur Bereitung der Bakterienaufschwemmung nahmen wir nur junge, höchstens 15—20stündige, bei 22° C gewachsene Kulturen; es hatte sich nämlich gezeigt, dafs einzelne Stämme der im Brutschrank bei 37° C gewachsenen Kulturen häufig agglutiniertes Wachstum aufwiesen. Die Aufschwemmung der Bakterien erfolgte in steriler, physiologischer Kochsalzlösung mit nachheriger Filtration durch sterile Papierfilter. Vor jeder Auswertung mufste natürlich die Verwendbarkeit der Aufschwemmung für mikroskopische Agglutinationsversuche durch Anlegen von Kontrollpräparaten geprüft werden.

Durch mehrfache Parallelversuche konnten wir uns überzeugen, dafs zwischen der Verwendung von lebenden und durch Erwärmen oder Formalin abgetöteten Kulturen kein wesentlicher Unterschied in der Agglutinierbarkeit besteht.

Da uns aber keine Erfahrungen über die Haltbarkeit der agglutinierbaren Substanzen bei abgetöteten Bakterien zur Verfügung standen, entschieden wir uns für die ausschliefsliche Verwendung von lebenden Bakterienkulturen, um dem üblichen Modus der Agglutinationsprüfung Rechnung zu tragen. Die Besichtigung erfolgte mit Reichertschen Mikroskopen (Objektiv 4, Okular 4), und zwar nach ca. 2 Stunden das erstemal, nach 12 Stunden das zweitemal. In den meisten Fällen konnten wir feststellen, dafs die nach 2 Stunden erreichten Werte auch nach 12stündiger Einwirkungszeit ungeändert blieben.

Für die Technik der Absorptionsversuche trugen wir in kleine, ca. $^1/_2$ ccm fassende Eprouvettchen das Serum ein, dazu die vom Agarstrich abgekratzte Bakterienmasse. Nach kräftigem Durchschütteln blieben die mit einem kleinen Gummipfropfen verschlossenen Röhrchen durch mehrere Stunden im Kälteschrank, während welcher Zeit sich die Agglutination vollzog. Hernach wurde das Serum von der Bakterienmasse durch Zentrifugieren abgetrennt und ersteres neuerdings auf sein Agglutinationsver-

mögen geprüft. Um die der agglutinierten Bakterienmasse anhaftenden Serumreste zu entfernen, wurde der Röhrcheninhalt mit sterilem, destilliertem Wasser versetzt, mit der Platinöse gut aufgerührt und durchmischt, sodann die verschlossene Eprouvette kräftig durchgeschüttelt und abermals abzentrifugiert. Dieses Auswaschen mufste natürlich so lange vorgenommen werden, bis das letzte Waschwasser keine oder nur ganz geringe Spuren von Agglutination (höchstens 1 : 1) zeigte. Gewöhnlich war dieses Ziel nach viermaligem Waschen erreicht.

Das bekannt schwierige Abzentrifugieren der dichten Bakterienemulsion gelang uns in einwandsfreier Weise dadurch, dafs wir die vorhin beschriebenen kleinen Eprouvettchen in dem Metallrahmen eines Hämatokriten befestigten, den letzteren auf die vertikale Achse der Zentrifuge aufsetzten, und diese mittels eines Heifsluftmotors in rasche Rotation versetzten. Die Zentrifuge machte in der Minute ca. 5000 Umdrehungen.

Für die Abspaltung der Agglutinine aus den gebildeten agglutinierten Substanzen versetzten wir die nach dem letzten Waschen zurückbleibende Bakterienmasse mit ebensoviel physiologischer Kochsalzlösung, als die ursprüngliche Serummenge betrug. Die Agglutinine müfsten dann in dieser Lösung in derselben Konzentration vorhanden sein wie im Serum. Nach sorgfältigem Durchmischen und Durchschütteln erfolgte dann die Extraktion der Agglutinine durch einstündiges Erwärmen im Wasserbade bei 55° C. Nach dem Erwärmen wurde der Röhrcheninhalt sofort abzentrifugiert und die klare Flüssigkeit der Auswertung unterzogen.

Tabelle I auf S. 273 enthält die Agglutinationswerte der Absorbate nach erfolgter Absorption, sodann die Titres der letzten Waschwässer der einzelnen Röhrchen und endlich die Titres der Lösungen nach Behandlung der agglutinierten Bakterien durch einstündiges Erwärmen mit physiologischer Kochsalzlösung.

In diesen vier der Untersuchung unterzogenen Seris wurde das Agglutinationsvermögen sowohl der homologen wie auch der heterologen Bakterienspezies gegenüber auf den Endwert austitriert. Der homologe Titer überragt in beträchtlichem Grade

Tabelle I.

| Art des Serums | Bakterienspezies | Agglutinationstiter des Immunserums | Agglutinationstiter der Zentrifugate nach Absorption der Agglutinine durch | | | | Agglutinationstiter der letzten Waschwässer der agglutinierten | | | | Titer der Agglutininlösungen, extrahiert aus den agglutinierten | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Typhusbazillen | Kolibazillen | Dysenteriebazillen | Choleravibrionen | Typhusbazillen | Kolibazillen | Dysenteriebazillen | Choleravibrionen | Typhusbazillen | Kolibazillen | Dysenteriebazillen | Choleravibrionen |
| Cholera-Immunserum (Kaninchen) | Typhus | 1 : 50 | 0 | 1 : 50 | 1 : 10 | 1 : 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Koli | 1 : 10 | 1 : 10 | 0 | 1 : 10 | 1 : 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Dysenterie | 1 : 50 | 1 · 50 | 1 : 50 | 0 | 1 : 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Cholera | 1 : 1000 | 1 : 1000 | 1 : 1000 | 1 : 1000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Typhus-Immunserum (Kaninchen) | Typhus | 1 : 1000 | 1 : 1 | 1 : 1000 | 1 : 1000 | — | 1 : 1 | 0 | 0 | 0 | 1 : 1 | 0 | 0 | — |
| | Koli | 1 : 10 | 1 : 10 | 0 | 1 : 10 | — | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — |
| | Dysenterie | 1 : 50 | 1 : 50 | 1 : 50 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — |
| Dysenterie-Immunserum (Kaninchen) | Typhus | 1 : 100 | 0 | 1 : 50 | 1 : 10 | — | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — |
| | Koli | 1 : 100 | 1 : 100 | 0 | 1 : 50 | — | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — |
| | Dysenterie | 1 : 500 | 1 : 500 | 1 : 500 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 1 : 1 | — |
| Koli-Immunserum (Kaninchen) | Typhus | 1 : 100 | 0 | 1 : 50 | — | — | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | — | — |
| | Koli | 1 : 2000 | 1 : 2000 | 0 | — | — | 0 | 0 | — | — | 1 : 1 | 1 : 1 | — | — |
| | Dysenterie | 1 : 50 | 1 : 50 | 1 : 50 | — | — | 0 | 0 | — | — | 0 | 0 | — | — |

die heterologen Grenzwerte, aber auch diese schwanken bei den einzelnen Seris in ziemlich weiten Grenzen. So agglutinierte z. B. das Typhus-Immunserum (Titer 1 : 1000) die Kolibazillen nur in der Verdünnung 1 : 10, während das Dysenterie-Immunserum mit dem Titer 1 : 500 die Kolibazillen noch in der Verdünnung 1 : 100 agglutinierte.

Die Titres der Zentrifugate nach Absorption der Agglutinine durch die verschiedenen Mikroorganismen weisen eine unverkennbare Ähnlichkeit auf. Als Beispiel sei das Typhus-Immunserum herausgegriffen; der ursprüngliche homologe Agglutinationstiter beträgt 1 : 1000, Dysenteriebazillen werden noch in der Verdünnung 1 : 50, Kolibazillen in der Verdünnung 1 : 10 agglutiniert. Bei der Auswertung des Zentrifugates nach Absorption des homologen Agglutinins durch die Typhusbazillen zeigte sich, dafs dieselben das homologe Agglutinin bis zu dem Grade gebunden haben, dafs das Absorbat höchstens in der Verdünnung 1 : 1 eine Beeinflussung auf Typhusbazillen ausübte. Die heterologen Agglutinine erweisen sich in diesem Absorbate genau so wirksam wie im ursprünglichen Serum.

Im Zentrifugate des Röhrchens mit den Kolibazillen zeigte sich die Agglutinationswirkung des Serums auf Kolibazillen auch in der Verdünnung 1 : 1 als negativ, während sich die Einwirkung auf Typhusbazillen bei der Verdünnung 1 : 1000, auf Dysenteriebazillen in der Verdünnung 1 : 50 wie im ursprünglichen Serum erhalten hat. Die Dysenteriebazillen im dritten Röhrchen endlich haben nur die Dysenterie-Partialanteile des Gesamtagglutinins absorbiert, während sich der Grenzwert des homologen und der Koli-Partialanteile in ungeänderter Höhe erhalten hat. Es vermag demnach die heterologe Bakterienspezies aus dem Gesamtagglutinin nur die ihr zukommenden Partialanteile, nicht aber auch andere Anteile zu binden.

Die gleichen Verhältnisse wie in dem besprochenen Typhus-Immunserum finden wir auch bei den übrigen Seris, nur läfst sich bei einzelnen Absorbaten ein geringes Defizit an Partialagglutininen bemerken. Trotzdem konnten wir durch diese Versuchsergebnisse die bekannte Tatsache bestätigt finden, dafs

eine homologe Bakterienspezies aus einem Immunserum nur die ihr zukommenden Anteile des Gesamtagglutinins, nicht aber auch Partialanteile, die eine andere Bakterienspezies agglutinieren, zu entziehen vermag. Anderseits bindet eine heterologe Bakterienart nur ihre Partialanteile, nicht aber auch andere Anteile des Gesamtagglutinins, so dafs demnach die Absorption der Agglutinine durch homologe wie heterologe Mikroorganismenarten als eine streng spezifische Reaktion aufzufassen ist.

Neben der Untersuchung der nach erfolgter Bindung im Serum verbliebenen Reste von Agglutininen sollte der zweite Beweis für die strenge Spezifizität bei der elektiven Absorption durch die Bestimmung der an den Mikroorganismen haftenden Agglutinine erbracht werden; zu diesem Zwecke mufsten aus den agglutinierten Bakterien agglutinierende Lösungen hergestellt werden. Hahn und Trommsdorf[1]) versuchten als erste, die Extraktion der Agglutinine mit Zuhilfenahme von chemischen Reagentien vorzunehmen. Sie wählten dazu $^1/_{100}$ Normalnatronlauge und $^1/_{100}$ Normalschwefelsäure, mischten diese Flüssigkeiten mit den vom Serum sorgfältig befreiten Bakterien und digerierten eine Stunde bei 37° C. Nach dem Zentrifugieren zeigten die zugesetzten Flüssigkeiten ein geringgradiges Agglutinationsvermögen, das sich als spezifisch erwies. Mit physiologischer Kochsalzlösung konnte die Extraktion der Agglutinine nicht erreicht werden.

Landsteiner[2]) führte gleichfalls den experimentellen Nachweis der Umkehrung der Agglutinationsreaktion; wurden nämlich kräftig agglutinierte Blutkörperchen mit Kochsalzlösung bei gewöhnlicher Zimmertemperatur oder bei gelindem Erwärmen zusammengebracht, so liefs die nachher abgegossene Lösung ein gewisses, wenn auch geringes Agglutinationsvermögen erkennen. Der Agglutinationsvorgang läfst sich demnach nach Landsteiner folgendermafsen ausdrücken: Agglutinin + agglutinierende Substanz $\rightleftarrows$ agglutinierte Substanz.

1) Hahn u. Trommsdorf, Münchner med. Wochenschr., 1900, S. 413.
2) Landsteiner, Münchner med. Wochenschr., 1902, S. 1905.

Da sich, wie Landsteiner weiter angibt, bei Temperatursteigerung der Gleichgewichtszustand im Sinne einer Begünstigung des Zerfalles der agglutinierten Substanz verschob, so verhält sich die Agglutinationsreaktion im allgemeinen wie eine exotherme Reaktion, die Zerlegung der Agglutininverbindungen dagegen wie eine Reaktion mit negativer Wärmetönung, bei welcher also Wärme gebunden wird.

Die Angabe, dafs die Agglutination als ein Vorgang mit positiver Wärmetönung aufzufassen sei, deckt sich mit der Beobachtung von Asakawa.[1]) Um nämlich den Zeitraum des Eintretens der Agglutination zu verkürzen, hat Asakawa verschiedene Methoden durchgeprüft, und er erreichte eine Abkürzung des Eintritts des Phänomens am besten dadurch, dafs er die Mischung des Serums mit den Bakterien in eine Kältemischung von Eis und Kochsalz tauchte. Sobald die Flüssigkeit ganz fest gefroren ist, läfst er sie langsam auftauen; in diesem Momente sieht man schon deutliche Agglutination, falls sie überhaupt auftritt.

Die Abspaltungen hingegen müssen nach Landsteiner bei ziemlich hohen Temperaturgraden vorgenommen werden, und Landsteiner und Jagič[2]) führen Versuche an, nach welchen ihnen auch der Nachweis der Abspaltung von Bakterienagglutininen aus der agglutinierten Substanz gelang. Sie arbeiteten dabei mit grofsen Mengen von Rinderblutserum (6 l), mit dem sie grofse Mengen von Bakterien versetzten. Nach erfolgter Agglutination wurden die agglutinierten Bakterien mehrmals durch Ausschleudern mit Kochsalzlösung gewaschen und hierauf mit 60 ccm Kochsalzlösung bei 55° C eine halbe Stunde lang behandelt. Es wurden also die aus 6 l Serum in die Bakterienmasse übergegangenen Agglutinine mit 60 ccm NaCl-Lösung extrahiert; die Lösung und das ursprüngliche Serum agglutinierten eine Typhusbazillenaufschwemmung annähernd in gleicher Weise in den Verdünnungen 1 : 10 und 1 : 30.

Es schien uns für die Herstellung einer einwandsfreien Agglutininlösung vor allem wichtig, auch die geringsten Spuren

1) Asakawa, Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankh., Bd. 45, 1903.

2) Landsteiner u. Jagić, Münchner med. Wochenschr., Nr. 18, 1903.

des ursprünglichen Serums aus den agglutinierten Bakterien zu entfernen. Dieselben mufsten daher wiederholt gut gewaschen werden, und erst dann, wenn das letzte Waschwasser keine Agglutination mehr zeigte, wurden die agglutinierten Bakterienmassen mit der gleichen Quantität physiologischer Kochsalzlösung, als die ursprüngliche Serummenge betrug, aufgenommen und die Agglutininlösung durch einstündiges Erwärmen auf 55° C im Wasserbade hergestellt. Die Resultate der Auswertung der vierten Waschwässer sind aus Tabelle I ersichtlich.

Die Titer unserer Agglutininlösungen stellten sich in allen Fällen auf Null oder höchstens auf 1 : 1, d. h. es ist uns nicht gelungen, aus der agglutinierten Substanz die Agglutinine nach der angeführten Methode bei unserer Versuchsanordnung herauszuziehen. Es erwies sich dabei als gleichgültig, ob wir mit den von Hahn und Trommsdorf vorgeschlagenen Reagentien oder mit physiologischer Kochsalzlösung die Extraktion vorzunehmen suchten. In allen Fällen ergab sich das gleiche negative Resultat. Allerdings legten wir, wie bereits erwähnt, ein besonderes Gewicht auf die Entfernung der Reste des Serums und schritten nicht früher an die Bereitung der Agglutininlösung, bevor wir uns nicht überzeugt hatten, dafs das Serum vollständig ausgewaschen sei. Um hierbei vollständig sicher zu gehen, bestimmten wir den Agglutinationswert aller Waschwässer. In der folgenden Tabelle II sind die Auswertungen der ersten, zweiten und dritten Waschwässer von zwei anderen Seris, an denen gleichfalls die Absorptionsverhältnisse genau quantitativ geprüft wurden, enthalten.

(Siehe Tabelle II auf S. 278.)

Die Waschwässer zeigen einen gradatim abnehmenden Gehalt an Agglutininen, die wahrscheinlich von Serumresten, die den Bakterien mechanisch noch anhafteten, herrühren und in der entsprechenden Verdünnung zur Wirkung gelangten. So zeigte z. B. vom Koli-Immunserum das erste Waschwasser der agglutinierten Typhusbazillen den Kolibazillen gegenüber ein Agglutinationsvermögen von mindestens 1 : 100 (höher wurde nicht ausgewertet), das zweite Waschwasser von 1 : 50, das dritte Waschwasser von 1 : 1.

Tabelle II.

| Art des Serums | Bakterienspezies | Titer des Immunserums | Titer des ersten Waschwassers d. agglutinierten | | | Titer des zweiten Waschwassers der agglutinierten | | | Titer des dritten Waschwassers d. agglutinierten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Typhusbazillen | Kolibazillen | Dysenteriebazillen | Typhusbazillen | Kolibazillen | Dysenteriebazillen | Typhusbazillen | Kolibazillen | Dysenteriebazillen |
| Koli-Immunserum | Typhus | 1 : 200 | 0 | 1 : 10 | — | 0 | 1 : 10 | — | 0 | 0 | — |
| | Koli | 1 : 14 000 | 1 : 100 | 1 : 50 | — | 1 : 50 | 1 : 50 | — | 1 : 1 | 1 : 1 | — |
| | Dysent. | 1 : 50 | 1 : 1 | 1 : 5 | — | 0 | 1 : 5 | — | 0 | 0 | — |
| Typhus-Immunserum | Typhus | 1 : 5000 | 1 : 1 | 1 : 100 | 1 : 100 | 1 : 1 | 1 : 1 | 1 : 10 | 0 | 1 : 1 | 1 : 5 |
| | Koli | 1 : 100 | 1 : 10 | 0 | 1 : 10 | 1 : 1 | 0 | 1 : 1 | 0 | 0 | 0 |
| | Dysent. | 1 : 200 | 1 : 10 | 1 : 10 | 1 : 1 | 1 : 1 | 0 | 0 | 1 : 1 | 1 : 1 | 0 |

Es wäre noch zu erwägen, ob nicht schon durch die wiederholte Behandlung der agglutinierten Bakterienmassen mit dem Waschwasser und durch das kräftige Durchmischen und Schütteln die vielleicht lose gebundenen Agglutinine zum Teil wenigstens in das Waschwasser übergegangen sind, so dafs das Fehlen der Agglutinine in den erwärmten Lösungen auf diese Weise erklärt werden könnte. Diese Frage suchten wir dadurch zu entscheiden, dafs wir ganz fein geriebenes Filtrierpapier an Stelle der Bakterienmassen in die gleichen Eprouvettchen brachten, mit Serum gut mischten, die Flüssigkeit nach dem Zentrifugieren abhoben und hierauf die Prozedur des Waschens des Rückstandes genau in derselben Weise vornahmen wie mit den agglutinierten Bakterienmassen. Es gelangte hierzu das Typhusserum von Tabelle II zur Verwendung.

Tabelle III.

| Art des Serums | Bakterienspezies | Agglutinationstiter | Erstes Waschw. | Zweites Waschw. | Drittes Waschw. | Viertes Waschw. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | der mit Typhus-Immunserum geschüttelten Papierschnitzel | | | |
| Typhus-Immunserum | Typhus | 1 : 5000 | 1 : 100 | 1 : 50 | 1 : 1 | 0 |
| | Koli | 1 : 100 | 1 : 10 | 0 | 0 | 0 |
| | Dysenterie | 1 : 200 | 1 : 10 | 0 | 0 | 0 |

Ein Vergleich dieser Resultate mit den Ergebnissen der Auswertung der Waschwässer der agglutinierten Bakterien läfst erkennen, dafs die quantitativen Verhältnisse des Agglutinationsvermögens, das von den rückständigen Serumanteilen herrührt, nicht viel voneinander abweichen, so dafs wir wohl annehmen konnten, dafs die in den Waschwässern vorhandenen Agglutinationstitres nur von den anhaftenden Serumresten herstammen.

Alle weiteren Versuche, aus der agglutinierten Substanz die Agglutinine wiederzugewinnen, erwiesen sich als erfolglos. Wir trachteten, die Extraktion durch 10—12 stündiges Erwärmen auf 55° zu erreichen, ausgehend von der Erwägung, dafs bei dieser Temperatur vielleicht in längerer Zeit sich die Abspaltung vollzieht. Aber auch diese Versuche blieben erfolglos, die erhaltenen Flüssigkeiten zeigten sich nach dem Zentrifugieren den Mikroorganismen gegenüber vollständig indifferent.

Da vielleicht in dem Umstande, dafs die Bakterien im feuchten Zustande die Agglutinine zurückbehalten, die Ursache des Mifslingens der Extraktion gesucht werden konnte, wurde die Bakterienmasse nach dem vierten Waschen im Vakuum bei 40° C getrocknet, hierauf mit physiologischer Kochsalzlösung aufgenommen, eine Stunde im Wasserbade bei 55° C erwärmt, zentrifugiert und das Zentrifugat wieder ausgewertet. Das Resultat war wie früher ein negatives. Die Extraktion gelang auch dann nicht, wenn wir die getrocknete Bakterienmasse mit Normalserum, das vorher genau auf seinen Titer gegenüber den verwendeten Mikroorganismen ausgewertet wurde, aufschwemmten und im Wasserbade erwärmten. Der Titer im Zentrifugat stellte sich nicht höher, als er im ursprünglichen Normalserum betrug.

Eine Erklärung für den Umstand, dafs uns die Abspaltung der von den Bakterien gebundenen Agglutinine bei unserer Versuchsanordnung (gleiche Mengen Extraktionsflüssigkeit wie ursprüngliches Serum) nicht gelang, vermögen wir uns um so weniger zu geben, als wir bis jetzt noch keine gesicherten Vorstellungen über das Wesen der Agglutination und über die Art der bei derselben vor sich gehenden Bindung haben. Alle bisher aufgestellten Hypothesen vermögen uns nicht einmal eindeutige Kriterien dafür

zu bieten, ob wir es dabei mit einem physikalischen oder chemischen Vorgang zu tun haben. Wir möchten jedoch die Ansicht aussprechen, dafs die Agglutinationsreaktion mehr an eine chemische Erscheinung erinnert, da aus dem Umstande, dafs die Zerlegung der agglutinierten Substanz durch die von uns verwendeten Mittel nicht gelang, der Schlufs gezogen werden kann, dafs sich in der agglutinierten Substanz ein ganz neuer, in seine ursprünglichen Bestandteile nicht zerlegbarer Körper gebildet hat, über dessen Natur wir allerdings nicht die geringste Vorstellung haben.

---

# Weitere Untersuchungen über den Bau und die allgemein biologische Natur der Bakterien.

Von

Dr. Vladislav Růžička,
Assistenten am Institute.

(Aus dem k. k. Hygienischen Institute des Prof. Dr. Gustav Kabrhel in Prag.)[1]

(Mit Tafel II.)

## I. Historischer Überblick über die Entwicklung des Kernbegriffes und seine Anwendung auf die Erforschung kernloser Organismen.

Die Geschichte lehrt, dafs die Etappen, in welchen sich die Kenntnisse vom Zellenkerne entwickelt haben, im allgemeinen die Reihenfolge einhielten, in der sich auch die Entwicklung der biologischen Kenntnisse überhaupt vollzogen hat. So sehen wir, dafs die ursprünglich anatomisch-morphologischen Erfahrungen später durch physiologische Erkenntnisse vervollkommt und schliefslich in biologisch-chemischer Hinsicht ausgebaut werden.

Wenn bei diesem Vorgehen einerseits unsere Einsicht in einzelne Seiten der Lebensäufserungen des Zellkernes sowohl in extensiver, als auch in intensiver Hinsicht ungemein bereichert wurde, so scheint anderseits der Zellenkern begriff an seiner ursprünglich so scharfen Begrenzung um so mehr verloren zu haben, je mehr die Anzahl der auf den Kern bezüglichen bekanntgewordenen Tatsachen anwuchs.

1) Der Böhm. Kaiser Franz Joseph-Akademie der Wissenschaften vorgelegt am 24. Juni 1904.

Obschon es auch bei dem Individualismus, der Labilität und Mannigfaltigkeit der Erscheinungen aller lebenden Gebilde oft schwer fällt, das eigentlich Charakteristische und Gemeinsame derselben herauszugreifen, um die zur Bildung des abstrakten Begriffes notwendige Basis zu erhalten, so müssen wir trotzdem immer und immer wieder die Neuformulierung solcher Begriffe versuchen, da dieselben uns eine Handhabe zur Beurteilung der in einem gegebenen Falle vorliegenden Verhältnisse bieten.

So erscheint auch die jeweilige Rekonstruktion des Zellkernbegriffes nach dem vorliegenden Stande der Wissenschaft schon aus dem Grunde wünschenswert, um einen Mafsstab für die Lösung des Problems der kernlosen Organismen zu gewinnen.

Indem ich im nachfolgenden den Versuch mache, die Entwicklung des Kernbegriffs zu skizzieren, werde ich gezwungen sein, bekannte Dinge zu wiederholen. Bei der Wichtigkeit des vorliegend bearbeiteten Themas für die cytologische Forschung ziehe ich jedoch die Wiederholung einer Voraussetzung vor, um in meinen Lesern dieselbe Vorstellungsreihe zu wecken, die mich bei meinen Untersuchungen geleitet hat.

Als ein bläschenförmiges binnenzelliges Gebilde von Brown in Pflanzenzellen entdeckt, wurde der Kern gemäfs den damals herrschenden Vorstellungen vom Bau der Pflanzenzelle in seinem Aufbau der letzteren völlig analog aufgefafst und daher, um mit den treffenden Worten O. Hertwigs zu sprechen, als eine »kleinere Zelle in der gröfseren Zelle« angesehen. Diese Vorstellung wurde dann auch auf die tierischen Kerne übertragen.

Neben der äufseren Form war es besonders die so weit verbreitete zentrale Lagerung des Kernes in der Zelle, welche am meisten in die Augen sprang und für so wichtig angesehen wurde, dafs sie selbst zum Ausbau der Zellentheorie von Schwann den Anstofs geben konnte, in welcher der Kern als das Ursprüngliche, als der Kristallisationspunkt erschien, um den herum die Bildung des »organischen Kristalles«, die Zelle genannt, erfolgte.

Doch im Laufe der Zeiten erwies sich die zentrale Lage des Kernes als ein zwar häufiges, doch keineswegs als ein zur

Charakteristik des Kernes wesentlich beitragendes Moment, da man ja die Kerne verschiedener Zellen an verschiedenen Punkten derselben gelagert finden kann. Wenn also die zentrale Lagerung gewisser Körnchen in Bakterien zum Beweise der Kernnatur der Körnchen allein angerufen wird, so entspricht dieses Vorgehen nicht dem jetzigen Stande der cytologischen Forschung, obwohl ja nicht bestritten werden soll, dafs der Kern einer ruhenden Zelle im allgemeinen ihren Mittelpunkt einzunehmen trachtet.

Von der relativen Gröfse des Kernes im Verhältnisse zur Masse des Cytoplasmas gilt im allgemeinen zwar die Regel, dafs das gegenseitige Verhältnis derselben ein direktes ist, indem mit wachsendem Zelleibe auch die Gröfse des Kernes zunimmt. Doch ist bekannt, dafs selbst Zellen derselben Art in dieser Hinsicht gewaltige Differenzen aufzuweisen vermögen. Während z. B. unreife Froscheier Kerne von kolossalen Dimensionen beherbergen, finden wir in reifen nur ganz kleine Kerne. Die riesigen Zellen der Milzpulpa der weifsen Ratte besitzen oft trotz des grofsen Zelleibes einen ganz kleinen Kern; derselbe Fall tritt bei gewissen Foraminiferen in Erscheinung. Dagegen findet man das umgekehrte Verhältnis, einen grofsen Kern in einer unbedeutenden Zelleibmasse bei Spermatozoen und Lymphocyten.

Mit Bezug auf diese Variabilität stünde der Annahme winziger Kerne in den Bakterien ganz gewifs kein Hindernis im Wege.

Für die Zahl der Kerne in einer als Einheit auftretenden Protoplasmamasse gibt es keine allgemeingültige Regel. Zwar in der Mehrzahl der Zellen ist blofs ein Kern zugegen; es genügt jedoch auf die Leberzellen hinzuweisen, welche sehr oft eine Ausnahme von dieser Regel bilden, nicht zu sprechen von vielen Protisten und Syncytien (z. B. dem Wandbeleg aus dem Embryosack von Phanerogamen), von Riesenzellen, von vielen niederen Pflanzen und Pilzen, bei welchen die Anzahl der in einem Individuum vorhandenen Kerne bis hundert anwachsen kann.

Das Auffinden eines kernähnlichen Innenkörpers im Bakterienleibe ist also ebensowenig beweisend für seine Kernnatur, als wenn viele solche Körperchen daselbst konstatiert werden.

Dafs die äufsere Form des Kernes zwar in der Mehrzahl der ruhenden Zellen sich kuglig oder oval darstellt, ist ja bekannt; doch kann dieser Umstand nicht als etwas für den Kern, als solchen, Charakteristisches gelten. Im Anfange der Kernforschung nahm man freilich an, dafs der Kern als ein in sich abgeschlossener, frei im Zellplasma befindlicher Körper die Kugelform annehmen müsse. Erst viel später zeigte sich, dafs der Zusammenhang des Kernes mit dem Zelleibe ein derartiger ist, dafs auch andere Formen bei dem ersteren zustandekommen können. So treten bei gewissen Lencocyten die mannigfaltigsten Kernformen in Erscheinung; so kommen hufeisenförmige Kerne bei Vorticella, rosenkranzförmige bei Stentor, weit im Zellkörper verzweigte bei einzelnen Crustaceen und besonders in den Drüsenzellen der Insekten vor; so findet man schliefslich sogar in Form von Chromatinbrocken diffus im ganzen Zelleibe verteilte Kerne bei Pelomyxa pallida oder Actinosphaerium vor.

Wenn also die äufseren Strukturverhältnisse des Kernes keine derart allgemeine Basis bieten, dafs man auf ihr allein den Kernbegriff aufbauen könnte, so müssen wir uns den inneren zuwenden, um in denselben den Stützpunkt zu suchen.

Doch auch die innere Struktur zeigt vielfache Variationen. So mufs die Kernmembran nicht vorhanden sein, obwohl sie in den meisten Fällen vorkommt. Die chromatische Substanz kann auf verschiedene Weise zum Ausdruck kommen. Sie kann wabenförmig angeordnet sein oder Netze bilden, die wiederum aus feinen Fäden (Ganglienzellenkerne) oder groben Balken (Kerne der roten Froschblutkörperchen) bestehen können, oder man findet sie nur in Gestalt von Körnchen vor. In anderen Kernen tritt wieder eine Kornfadenstruktur zutage; schliefslich gibt es Kerne, deren Chromatin von einem unverzweigten vielfach verwickelten Bande dargestellt wird. Einzelne Kerne können Nukleolen beherbergen, während andere ihrer entbehren. Auch das Verhältnis zwischen achromatischer und chromatischer Substanz kann sich verschieden gestalten und zwar sowohl in quantitativer Beziehung, als auch bezüglich der morphologischen Lagerung. Sie können nämlich entweder ineinander verwebt oder aber auch voneinander separiert

sein. So enthält beispielsweise der Makronukleus der Infusorien die chromatische, der Mikronukleus dagegen die achromatische Substanz. Dem kann wiederum entweder immer so sein, oder es kann dieser Fall nur zeitweise eintreten, wie z. B. bei den Difflugien.

Wie zu sehen, bietet also auch die innere Formgestaltung der Kerne keine derart allgemeine Erscheinung dar, dafs sie allein als Grundlage zur Bildung des Kernbegriffes dienen könnte.

Es erscheint mir auch notwendig, an dieser Stelle die Diskussion zu berühren, welche sich über die Konsequenzen der bei kombinierten Färbungen zutage tretenden Differenzen zwischen dem Kerne der Metazoenzellen und der frei lebenden einzelligen Protozoen entsponnen hat.

Während man früher der Meinung war, dafs auch der Kern der letzteren einen Nukleolus enthalte, ist dieses auf Grund tinktorieller Versuche von Feinberg[1]) bestritten worden. Durch Anwendung der Methode von Romanowski fand nämlich Feinberg, dafs sich das Cytoplasma der Körper- und Pflanzenzellen blau, der Kern in rotem Tone und der Nukleolus wiederum blau färbt, während verschiedene Protisten, als Gregarinen, Flagellaten, Plasmodiophora Brassicae, Malariaplasmodium u. a. in dem blauen Cytoplasma einen ungefärbten Ring zeigen, dessen Mitte ein leuchtend rotes Korn einnimmt. Aus dieser Färbungsdifferenz schliefst Feinberg, dafs der Kern der Protisten einen ganz anderen Bau aufweist, indem das färbbare Korn desselben sich tinktoriell anders verhält als der Nukleolus der Metazoenzellen, für dessen Analogon es bisher gehalten wurde, und seine Färbung derjenigen des Kernes der letzteren entspricht. Daher nennt es Feinberg auch den Kernpunkt.

Feinbergs Ansicht nach besteht nun der Protistenkern aus dem zentralen Chromatinkorn, das von einer aus Kernsaft bestehenden und deshalb ungefärbt bleibenden Zone umgeben ist, welche sich unmittelbar an das Cytoplasma anschliefst. Ein

1) Feinberg, Fortschritte d. Mediz., 17, 1899. — Monatsschr. f. Psych. u. Neurol., XI, 1902. — Berliner klin. Wochenschr., Nr. 24, Nr. 45, 1902.

Kernkörperchen soll also in einem solchen Kerne nicht vorhanden sein.

Dieser Bau ist an Protistenkernen schon vor Feinberg von einer Reihe von Forschern erschlossen worden. Doch hielten dieselben den Kernpunkt Feinbergs für den Nukleolus und Nawaschin[1]) glaubte sogar in dem denselben umgebenden ungefärbten Ringe bei Plasmodiophora Brassicae Reste des Kerngerüstes gesehen zu haben. Diese konnte nun Feinberg selbst an demselben Objekt nicht wiederfinden[2]). Trotzdem beruht aber seine oben angeführte Deutung des färbbaren Kornes — als eines dem Kerne analogen Gebildes — nur auf dem Färbungsunterschiede, der sich bei Anwendung der Methode von Romanowski ergibt.

Es gilt also nun, zu untersuchen, welcher Wert dieser Methode für die Beurteilung der Kernverhältnisse beigemessen werden darf.

Vor allem ist zu erwägen, dafs nicht alles, was analoge Färbung zeigt, identisch zu sein braucht, indem die physikalischen Verhältnisse des Substrates dabei vielfach eine entscheidende Rolle spielen. Es wird sicherlich niemandem beifallen, die Kerne der Blutzellen für acidophil zu halten, weil sie sich in Ehrlichs Aurantia-Eosin-Indulin-Gemisch mit einem saueren Farbstoffe und sogar glyzerinecht färben.

Wie berechtigt dieser Einwand ist, zeigt die von Unna festgestellte Tatsache, dafs die Mucin- und Mastzellengranula, also zwei chemisch gänzlich verschiedene Dinge, sich tinktoriell analog verhalten wie die Kernpunkte der Protisten.

Nach Pappenheim[3]) ist der Kernpunkt weder mit dem Kerne, noch mit dem Kernkörperchen höhergestellter Zellen zu identifizieren; bei Anstellung eines Vergleiches seien auch die übrigen Eigenschaften zu berücksichtigen. Freilich bestehe ein Unterschied zwischen den Zellen der Metazoen und Protozoen, indem der Nukleolus der ersteren sich als cyanophil, derjenige der letzteren dagegen als erythrophil erweise. Aber ein Schlufs

1) Nawaschin, Flora, 1899.

2) Feinberg, Deutsche med. Wochenschr., Nr. 2, 1902.

3) Pappenheim, Färber. z. Kenntnis d. sog. Chromatinkorns von Protisten. Berliner klin. Wochenschr., Nr. 47, 1902.

auf die allgemeine chemische Beschaffenheit des Kernpunktes kann aus den Resultaten der Romanowskischen Färbung nicht gezogen werden, weil sich bei singulärer Färbung mit dem »Rot aus Methylenblau« auch die Zellkerne tingieren. Um zu zeigen, ob sich die Substanz des Kernpunktes analog verhalte wie die des Zellkernes der Metazoen, müsse man Methylgrün verwenden, einen Farbstoff, der sich durch seine spezifische Affinität zum Nuklein auszeichnet und Zellkörper niemals mitfärbt. Da zeigt sich nun, dafs sich der Kernpunkt dem Methylgrün gegenüber negativ verhält. Da jedoch derselbe von dem Methylenazur (Rot aus Methylenblau), einem basischen Farbstoffe, gefärbt wird, so mufs daran festgehalten werden, dafs der Kernpunkt aus einer Substanz von saueren Eigenschaften besteht, sich also ähnlich verhält wie das Kernnuklein. Das tinktorielle Verhalten des Kernpunktes der Protisten entspricht also nach Pappenheim tatsächlich dem Zellkerne der Metazoen. Doch ist sein Nuklein weniger sauer, da es sich zwar mit dem auch gewisse sauere Eigenschaften besitzenden Methylenazur färbt, nicht aber mit dem absolute Basizität besitzenden Methylgrün. Aus diesem Umstande darf jedoch, wie ich Pappenheim gegenüber hervorheben möchte, nicht geschlossen werden, dafs der Kernpunkt der Protisten ein Analogon des Zellkernes der Metazoen sei. Von Mosse[1]) ist nämlich gezeigt worden, dafs sich aus dem Vergleiche der Färbungsresultate mit einem das Methylgrün als Base enthaltenden und einem dasselbe nicht enthaltenden Farbstoffgemisch wesentliche Unterschiede für die Beurteilung der allgemeinen Chromatophilie ergeben. Nach Mosse mufs man verschiedene Grade der Basophilie unterscheiden. Das Kernkörperchen der Tierzellen aber ist nicht, wie man bisher gemeint hat, acidophil, sondern basophil und zwar, ganz im Einklange mit dem Befunde von Pappenheim an Protisten, in geringerem Grade basophil als das Kerngerüst.

Somit ergibt sich, dafs der von Feinberg vermutete prinzipielle Unterschied im tinktoriell chemischen Aufbaue der Protisten- und Metazoenkerne in Wirklichkeit nur auf graduellen

1) Mosse, Berliner klin. Wochenschr., 1902.

Differenzen der Basophilie, welche aber den beiden Kernarten gemeinschaftlich ist, beruht.

Dieses Ergebnis ist von Wichtigkeit für die Beurteilung meiner nachstehend zu erwähnenden Beobachtungen.

Aus dem Gesagten kann aber entnommen werden, dafs bei der Entscheidung der Frage, ob ein bestimmtes Gebilde ein Kern sei oder nicht, eventuell gegebenenfalls die morphologischen Kriterien versagen können, woraus die Notwendigkeit erfliefst, nachzusehen, ob nicht etwa andere Anhaltspunkte von allgemeiner Gültigkeit vorhanden sind.

Und da vernehmen wir, dafs uns bei den Kernen tatsächlich eine auffallende Übereinstimmung entgegentritt, mag ihre morphologische Erscheinung auch noch so viele Mannigfaltigkeit darbieten.

Diese Übereinstimmung betrifft den Umstand, dafs alle Kerne, ausnahmslos, in den Komponenten ihrer inneren Struktur eine Reihe von Substanzen enthalten, welche sämtlich nur verschiedene Arten des Nukleins sind.

Ohne Nuklein gibt es keine Kerne.

In dieser chemischen Eigentümlichkeit, von der es nach dem nunmehrigen Stande der Wissenschaft keine Ausnahme gibt, finde ich das einzig Gemeinsame aller Kerne und daher auch das einzig Charakteristische und Wesentliche des Kernes im allgemeinen.

Zwar ist den Kernen natürlich auch die physiologische Funktion bei der Teilung der Zellen gemeinsam. Doch ist zu bedenken, dafs der physiologische Standpunkt zur Beurteilung der Kernfrage nicht in jedem Falle herangezogen werden kann, man bestünde denn darauf, die Entwicklungsgeschichte jeder Zelle und ihres Kernes zu verfolgen. Denn es gibt ja bekanntlich Kerne, an denen sich (wie z. B. an den Ganglienzellenkernen) während des allergröfsten Teiles des Lebens normalerweise keine Teilungsvorgänge nachweisen lassen. Doch bestehen auch solche Kerne aus Nuklein und gestatten daher eine Beurteilung vom chemischen Standpunkte aus.

Es wäre freilich noch zu erwägen, inwiefern sich etwa die Nukleinsubstanzen am Aufbaue des Cytoplasmas beteiligen. Zu

dieser Frage würde uns die von Stricker entdeckte und von anderen Autoren bestätigte[1]) Tatsache des zeitweisen Verschwindens der Kerne in gewissen lebenden Leukocyten berechtigen, da bei diesem Vorgange die Nukleinsubstanzen des verschwundenen Kernes vom Cytoplasma aufgenommen werden mufsten. Zwar ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dafs sich bei dem Verschwinden des Kernes sein Nucleïn in solcher Weise chemisch verändert, dafs es als solches zu existieren aufhört. Doch ist dieser Vorgang bis jetzt zu wenig studiert worden und ist weiterhin nur lebenden Zellen eigen. Nach den bisher gesammelten Erfahrungen tritt nämlich auch in vollständig kernlos aussehenden Zellen der Kern nach Abtötung derselben durch Zusatz von fixierenden Flüssigkeiten wieder auf, und es kann sodann festgestellt werden, dafs sich die Nukleinsubstanzen nur im Kerne, nicht aber im Cytoplasma befinden.

Wenn man aber neben den morphologischen und physiologischen Eigenschaften auch auf die von Stricker zuerst gemachte Beobachtung, dafs in vollständig kernlos aussehenden lebenden Zellen der Kern neuauftauchen kann und zwar, wie ich gefunden habe, selbst in veränderter Form und Anzahl, Rücksicht nimmt, so wird man den Kern kaum anders definieren können, als eine bei der Zellteilung aktiv beteiligte, mit den chemischen und tinktoriellen Eigenschaften des Nukleins ausgestattete Differenzierung des Protoplasmas.

Ausgehend von dieser Definition, wird man die Lösung der Kernfrage bei Organismen, bei welchen — wie bei den Bakterien — weder die morphologische, auf das Auffinden von Kernen gerichtete, noch die physiologische, auf Beobachtung von Teilungsvorgängen hinzielende Forschung in einwandfreier Weise zum Ziele geführt hat, auf dem Gebiete der Chemie zu suchen haben.

Die Frage, ob und in welchem Mafse die Bakterien Nukleine enthalten, läfst sich auf doppeltem Wege beantworten. Erstens

1) Siehe hierüber meine Arbeit: »Über d. biol. Bedeutung d. färbbaren Körnchen d. Bakterieninhaltes«. Archiv f. Hygiene, Bd. 47, S. 381 ff.

auf dem Wege der analytischen Chemie, zweitens mit Hilfe der tinktoriellen Analyse nach den Angaben von Ehrlich.

Ich habe beide Wege betreten und gestatte mir im nachfolgenden meine Resultate vorzulegen.

## II. Wahl des Untersuchungsobjektes. Der histologische Aufbau des Milzbrandbakteriums.

Als Objekt der nachfolgenden Untersuchungen habe ich das Bact. anthracis gewählt. Bei dieser Wahl waren die nachstehenden Gründe ausschlaggebend.

Vor allem ist die feinere Struktur des Bact. anthracis bereits des öfteren Gegenstand der Forschung gewesen, so daſs sich zahlreiche Anknüpfungspunkte ergeben, an welche sich neue Studien anschlieſsen können.

Des weiteren waren es Gründe methodischen Charakters, welche mich für die Wahl des Bact. anthracis bestimmt haben, nämlich die verhältnismäſsig groſsen Dimensionen desselben, weiterhin die für Kernstudien bei sporogenen Bakterien auſserordentlich wichtige Möglichkeit, asporogene Generationen durch Züchtung im Tierkörper zu erhalten, sowie der für meine farbenanalytischen Studien auſserordentlich vorteilhafte Umstand, durch gleichzeitige Gegenwart von Bakterien und kernhaltigen Zellen in demselben Blutpräparate die einen als Kontrolle der anderen mit Bezug auf ihr Verhalten verschiedenen Farbstoffen gegenüber benützen zu können.

Schlieſslich erscheint es mir notwendig, angesichts der bereits chaotisch werdenden, an den verschiedensten Objekten mit Hilfe heterogener Methoden gemachten Beobachtungen über die feinere Struktur der Bakterien, dieselben auf ein leicht erreichbares und, wie eben angedeutet, verschiedene Vorteile bietendes Objekt zu konzentrieren, um durch solche Konzentration der Forschung eine Übersicht des bislang errungenen Wissens, sowie auch eine verläſsliche Kontrolle der Ergebnisse zu ermöglichen.

Von den neueren Arbeiten, welche sich mit der feineren Struktur des Milzbrandbazillus beschäftigen, ist vor allem die

von Krompecher[1]) anzuführen, weil sie uns neue Momente kennen lehrt, welche, wie ich weiter zeigen werde, imstande sind, die Verhältnisse derselben unserem Verständnisse näherzubringen. Krompecher konnte nämlich zeigen, dafs innerhalb des Milzbrandbazillus aufser dem schon von Bunge gekannten säurefesten Körper von je nach der Entwicklung des Individuums veschiedener Gröfse noch in dem Inneren des letzteren ein kleineres, gleichfalls säurefestes Körperchen beherbergt wird.

Dieses letztere hält nun Preisz[2]) wegen seines metachromatischen Verhaltens dem Karbolmethylenblau gegenüber und wegen der Teilungserscheinungen, die er an ihm konstatieren konnte, für den eigentlichen Kern des Milzbrandbazillus. Aufser den zwei säurefesten Körpern sieht Preisz alle von anderen Autoren beschriebene Strukturen als nebensächlich an. In dieser Beziehung vermag ich ihm natürlich nicht zu folgen. Aber auf einige Momente seiner Darstellungen möchte ich doch, ohne vorläufig auf die Kernfrage selbst einzugehen, hinweisen, da sie Tatsachen bestätigen, über welche ich in meiner ersten Arbeit[3]) berichtet habe.

Preisz beobachtete nämlich Bilder, die er als passive Teilung eines Strukturkornes durch eine dasselbe spaltende Querscheidewand auffafste. Diese Bilder entsprechen aber völlig denjenigen, welche ich bei Gelegenheit der Schilderung der von mir in vivo beobachteten Bildung der Scheidewand aus einem solchen Körnchen an einem Luftkokkus beschrieben habe. Auch Vejdovský gibt, entgegen seiner früheren Ansicht, nunmehr zu, dafs die Körnchen nicht frei in Vakuolen, sondern im wandständigen Plasma oder in quergespannten Brücken desselben liegen können. Wie diese Brücken entstehen, gibt jedoch Vejdovský nicht an.

Preisz hat weiterhin beobachtet, dafs derjenige Teil des Milzbrandbakteriums an einem der Pole, welcher zur Spore werden

1) Krompecher, Unters. über d. Vork. metachromat. Körnchen bei sporentrag. Bakterien etc. Centralbl. f. Bakt., XXX, 1901.

2) Preisz, Studien über Morph. u. Biol. d. Milzbrandbaz. Centralbl. f. Bakt., I, XXXV, 1904.

3) Archiv f. Hygiene, Bd. 47, 1903.

soll, durch eine in der von mir beschriebenen Weise gebildete Scheidewand von dem übrigen Inhalte des Stäbchens abgesondert wird und meint, dafs diese Bildung kleinster Polsegmente nur bei Eintritt der Sporenbildung zu konstatieren sei. Dem mufs ich aber entgegenhalten, dafs man öfter sehr lange Fäden durch Zwischenwände gänzlich in solche kleine Abschnitte geteilt sehen kann, und zwar auch bei Bakterien, welche keine Sporen bilden. Ich habe solche Fälle in meiner ersten Arbeit Taf. II, Fig. 1 b, c, Bac. Zenkeri, Fig. 4 c Bac. mycoides, Fig. 18 Spirillen abgebildet. Auch bei dem Milzbrandbakterium kann man denselben begegnen. Ohne die Tatsache und selbst die Richtigkeit der Deutung in den Fällen von Preisz bekämpfen zu wollen, möchte ich durch obige Gegenüberstellung nur darauf aufmerksam machen, dafs der Absonderung kleiner Teile des Bakterienkörpers auch noch eine andere Bedeutung zukommen kann als die der Sporenbildung.

Des weiteren wäre noch die Publikation von Ottolenghi[1]) zu erwähnen, weil in derselben die von mir (l. c.) über die Netz- und Körnchenstrukturen des Milzbrandbakteriums gemachten Angaben auf Grund von Beobachtungen, welche mit Hilfe der vitalen Neutralrottinktion angestellt worden sind, gänzlich bestätigt werden. Aufserdem werden die Modalitäten des Inerscheinungtretens desselben näher ausgeführt. Demnach erscheint das Strukturnetz im Beginne aus grofsen, durch Fädchen verbundenen Körnchen zusammengesetzt, die fast den ganzen Körper einnehmen; später sind die Körnchen viel kleiner und besonders an der Peripherie dicht zusammengedrängt, während das Zentrum von einem ziemlich lichtbrechenden, ungefärbten Raum eingenommen wird. Darauf erscheint im Innern der Bazillen ein ovales Gebilde mit netzförmiger Struktur, im Zentrum der Bazillen ist der helle Raum, der mitunter ein manchmal freiliegendes, häufiger aber mit dem übrigen Netze im Zusammenhange stehendes Körnchen enthält. In alten Kulturen schliefslich sieht man unregelmäfsige, diagonal zur Längsachse des Bazillus gestellte, mittelständige Körnchenreihen oder Haufen von

1) Ottolenghi, Über d. feinere Strukt. d. Milzbrandbaz. Centralbl. f. Bakt., I. Abt., Orig. Bd. 35, 1904.

Schollen. In lange bei Zimmertemperatur gezüchteten Kulturen erblickt man ein Netz, das in dem von ihm eingeschlossenen Raume ein oder mehrere Körnchen enthält.

Somit stellt sich, neueren Forschungen gemäfs, der Aufbau des Milzbrandbakteriums folgendermafsen dar.

Die folgende Beschreibung bezieht sich auf das asporogene Milzbrandbakterium, an dem man nachstehende Bestandteile unterscheiden mufs, die räumlich und zum Teil vielleicht auch zeitlich (im entwicklungsgeschichtlichen Sinne) voneinander getrennt sind: die Membran, die Netzstruktur, die Innenkörper und die die Lücken zwischen den Netzmaschen ausfüllende Substanz.

Die von mir beschriebene, oft Körnchen tragende Netzstruktur, welche in konstanter Weise bis jetzt hauptsächlich durch die vitale Färbung mit Methylenblau oder Neutralrot nachgewiesen werden kann, liegt bei dem Milzbrandbazillus nach Ottolenghi unter der Membran. Meiner Meinung nach ist der ganze Körper des Stäbchens mit Ausnahme der von den Innenkörpern eingenommenen Räume von dem Netzwerke durchtreten. Dies scheint freilich nicht bei allen Bakterienarten der Fall zu sein. Ich erinnere auf die in meiner ersten Arbeit in Fig. 22 abgebildeten, bei welchen die Netzstruktur blofs die äufserste Peripherie der Stäbchen einzunehmen schien.

Bezüglich der Netzstruktur möchte ich noch die folgenden Bemerkungen machen, zu welchen mich meine neuen Untersuchungen geführt haben.

Vor allem erwähne ich Bilder der Netzstruktur, welche auf Teilungsvorgänge hinzuweisen scheinen. Über solche lag bis jetzt keine Beobachtung vor, und bilden daher die von mir gesehenen (Fig. 1) eine willkommene Vervollständigung der von Nakanishi und Preisz an den Innenkörpern beobachteten Teilungserscheinungen. Die Teilungsbilder der Netzstruktur, welche auf direkte Teilung hinweisen, habe ich in Kulturen, die älter waren als 24 Stunden, bisher nicht gesehen, doch mufs ich hervorheben, dafs sie auch in diesen ziemlich selten sind.

An dieser Stelle mufs ich auch auf einige Bilder der Netzstruktur aufmerksam machen, die auf den ersten Blick täuschend

karyokinetischen Figuren ähnlich sind, aber natürlich mit kargokinetischen Teilungen nichts Gemeinsames haben. In Fig. 2b bilde ich z. B. einen solchen Fall ab, der einem Dyaster kaum ähnlicher sein könnte. Und doch handelt es sich um nichts anderes, als um zufällige Formen der Netzstruktur. Durch Abfärbung mit schwach angesäuertem Wasser konnte der am Berührungspunkte der Fäden angesammelte Farbstoff (in diesem Falle Methylenblau) abgefärbt werden, worauf an dieser Stelle in üblicher Weise ein Körnchen in Sicht trat. Auch konnte in anderen derartigen Fällen eine Verbindung der Figur mit anderen an der Peripherie des Bazillus gelagerten Körnchen nachgewiesen werden, so z. B. bei dem vermeintlichen Monaster in Fig. 2a, c.

Was die Membran des Milzbrandbakteriums betrifft, so kann dieselbe aufser mit anderen auch mit Hilfe meiner weiter unten mitgeteilten Wasserblau-Eosinmethode distinkt und deutlich als ein von der übrigen Körpersubstanz morphologisch und wohl auch chemisch verschiedenes Gebilde dargestellt werden.

Aufser den erwähnten enthält der Milzbrandbazillus an wichtigeren morphologischen Bestandteilen noch einen oder mehrere säurefeste Innenkörper, deren einer, je nach dem Entwicklungsstadium, noch ein (oder zwei) säurefestes Körnchen einschliefsen kann. Diese sollen später besprochen werden.

Nun noch einige vergleichende Worte über die Gesamtstruktur des Milzbrandbazillus.

Vergleicht man die z. B. von Krompecher gegebenen Bilder des Milzbrandbazillus, in welchen nebst dem säurefesten Körper auch der kleinere Innenkörper in Einzahl dargestellt ist, in morphologischer Hinsicht mit den an Amoeben gewonnenen, so wird man nicht umhin können, die aufserordentliche Ähnlichkeit dieser Bilder zuzugeben. Ich lege Gewicht auf diese Ähnlichkeit, nicht um den Schlufs zu ziehen, dafs die Analogie im Aufbau so differenter Protisten, wie es Amöben und Bakterien sind, absolut ist, sondern nur, um im Anschlusse an die früher erörterte Diskussion über die Bedeutung des »Kernpunktes« an die Möglichkeit zu erinnern, dafs der »Kernpunkt« der Bakterien, der identisch ist mit dem metachromatischen Körnchen von

Krompecher, auch eine andere Deutung erfahren kann, als sie ihm von Feinberg und Preisz zuteil geworden ist.

Wie sich die Ergebnisse meiner Untersuchungen zu diesen Erwägungen stellen, ist weiter unten dargelegt.

## III. Der Nukleingehalt des Milzbrandbakteriums.

Der Versuch, die Lehre von der Zellennatur der Bakterien durch chemische Untersuchung derselben zu stützen, ist bereits mehrfach unternommen worden, und es ist auch gelungen, in den Bakterien Kernsubstanzen entweder direkt oder mittels ihrer Spaltungsprodukte nachzuweisen.

So hat Galeotti[1]) mit Hilfe der Methode von Hammarsten Nukleoproteide aus Bakterien rein darstellen können. Desgleichen hat Giaxa[2]) gefunden, dafs die Tuberkelbazillen hauptsächlich aus einer Substanz bestehen, welche die Eigenschaften des Nukleins besitzt, und die von Ruppel und Behring als Nukleinsäure erkannt worden ist. Auch Ivanoff[3]), Krawkov[4]) und Bendix[5]) erhielten Nukleoproteide aus Bakterien. Nishimura[6]) wies dagegen die Nukleinbasen Xanthin, Quanin und Adenin in einem Wasserbazillus nach.

Nachdem Kossel[7]) im Hefenuklein die Pentosengruppe nachgewiesen hat, fand eine Reihe von Autoren[8]) dieselbe auch in den Nukleinen verschiedener tierischer Organe auf. Daraus ist geschlossen worden, dafs die erwähnte Kohlehydratgruppe für viele (wenn nicht, wie manche meinen, für alle) Nukleine charakteristisch ist.

---

1) Galeotti, Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. 25, 1898.

2) Giaxa, Ann. d'igiene speriment., 1900.

3) Ivanoff, Hofmeisters Beitr. z. chem. Phys. u. Path., I, 1902

4) Krawkov, Vrač, 1901.

5) Bendix, Deutsche med. Wochenschr., 1901.

6) Nishimura, Archiv f. Hygiene, Bd. 18, 1893.

7) Kossel, Archiv Du Bois-Reymond, 1892, 1893.

8) Hammarsten, Zeitschr. f. phys. Chem., 19, 1897. — Salkowski, ibid., 27. — Blumenthal, Berliner klin. Wochenschr., 1897. — Bergell und Jacob, Zeitschr. f. klin. Med. — Bang, Deutsche med. Wochenschr., 1897. — Neumann, Physiol. Ges., Berlin. — Wohlgemuth, Berliner klin. Wochenschr., 1900.

Was die Bakterien anlangt, so hat bereits Hammerschlag[1]) behauptet, dafs die Tuberkelbazillen ein Kohlehydrat, und zwar Zellulose, enthalten. Auch Nencki und Schaffer[2]) glaubten in den von ihnen analysierten Bakterien ein Kohlehydrat nachgewiesen zu haben. Helbing[3]) meinte auf Grund von Farbenreaktionen, dafs in Tuberkelbazillen Chitin, welches neuerdings von Ivanoff (l. c.) in Bakterienmembranen gefunden worden ist, und demgemäfs Glukosamin als Kohlehydrat enthalten sei.

Bendix (l. c.) wies schliefslich die Pentosengruppe in den Nukleoproteiden von Tuberkelbazillen, Diphtheriebazillen und Bakteriengemischen aus Fäkalien mit Hilfe der Methode von Salkowski nach.

Ich habe zuerst festzustellen versucht, ob und wieviel Nuklein etwa in den Milzbrandbazillen enthalten ist und habe zu diesem Zwecke Anthraxkulturen nach dem Verdauungsverfahren bearbeitet.

Ich gofs Agar-Agar in 40 Petrische Schalen, liefs das Kondensationswasser der Platten im Brutkasten verdampfen und impfte dann den Nährboden mit in gewöhnlicher Bouillon reichlich aufgeschwemmten Keimen, indem ich einige Tropfen derselben auf jede Platte aufträufelte und über ihre ganze Fläche verteilte. Der im Thermostat bei 35° C aufgewachsene, gleichmäfsige Belag wurde nach einigen Tagen mittels eines leicht gebogenen, runden, dünnen Glasstäbchens behutsam gesammelt, was keine Schwierigkeiten verursachte. Der Belag liefs sich auf diese Weise leicht, ohne Beschädigung des Nährbodens, abstreifen.

Das erhaltene Material wurde gut durcheinandergemischt, in einem Teile desselben nach guter Durchwaschung die Trockensubstanz bestimmt. Die übrige, in feuchtem Zustande abgewogene Kulturenmasse wurde in einem breiten und hohen Glaszylinder der Verdauung durch künstlich bereiteten Magensaft bei 35° C unterworfen.

1) Hammerschlag, Centralbl. f. klin. Med., 1891.
2) Nencki und Schaffer, Journ. f. prakt. Chemie, 20.
3) Helbing, Deutsche med. Wochenschr., 1900.

Ich verwendete dazu $^3/_4$ l Magensaft, welcher nach der mir von Prof. Kabrhel[1]) empfohlenen Weise als Glyzerinextrakt von vier Schweinemägen zubereitet und zum Gebrauche im Verhältnisse von 1 : 100 einer 0,25 proz. H Cl-Lösung verwendet wurde. Da der Glaszylinder 13 cm im Durchmesser hatte, konnte sich die wenige (3—5) Gramm wiegende Kulturmasse genügend auf seinem Boden ausbreiten, so dafs das Sediment keine zu hohe und aufserdem stets lockere Schicht bildete. Überdies wurde, um eine allseitige Einwirkung des Magensaftes zu ermöglichen, der Inhalt des Glaszylinders öfter durchschüttelt. Nach fünftägiger Einwirkung wurde das Sediment mittels Saugpumpe mit destilliertem Wasser gründlich ausgewaschen und der Rest auf ausgetrocknetem Filter bis zur Erreichung eines konstanten Gewichtes gewogen.

Der erste in dieser Weise vollführte Versuch ergab einen Gehalt von 57% Nuklein.

Bei einem zweiten, genau in derselben Weise vorgenommenen Versuche erhielt ich einen Gehalt von 70% Nuklein.

Diese, wiewohl an sich ansehnlichen Zahlen stehen in einem geradezu krassen Widerspruche zu den Ergebnissen der mikroskopischen Untersuchung der durch den künstlichen Magensaft verdauten Bakterien, über welche ich weiter unten berichte, lassen sich aber durch die Mängel der angewendeten Methode erklären. Dieselbe will nämlich nur eine Methode zur Darstellung, keineswegs aber eine Methode zur quantitativen Bestimmung des Nukleins sein. Dies erhellt auch aus dem Umstande, dafs jeder der beiden Versuche eine andere Zahl ergab, obwohl sie in ganz derselben Weise ausgeführt wurden, und auch das Material in beiden dasselbe war.

## IV. Einige Bemerkungen zur tinktoriellen Analyse des Milzbrandbakteriums.

Nach den Arbeiten von Zettnow u. a. wäre es gewifs überflüssig, die allgemeine Chromatophilie des Milzbrandbakteriums

1) Kabrhel, Über d. Einwirkung d. künstl. Magensaftes auf path. Mikroorganismen. Archiv f. Hygiene, X, 1890.

speziell zu behandeln. Auch das Verhältnis dieser Chromatophilie zu der anderer Zellen erscheint durch die Arbeiten verschiedener Autoren in allgemeinen Umrissen klar dargelegt.

Um kurz zu resumieren, ist vor allem festgestellt worden, dafs die Milzbrandbakterien sich sowohl mit basischen als auch mit saueren Farbstoffen, unter Ausschlufs der Indulinsulfosäure, ganz gut färben lassen. In ähnlicher Weise verhalten sich auch die Gewebskerne.

Durch Färbungen mit neutralen Farbgemischen konnte weiterhin konstatiert werden, dafs die Milzbrandbakterien dabei ausschliefslich den basischen Farbstoff aufnehmen.

Dieselben sind also sog. amphophile-basophile Substrate, und ihr Verhalten in dieser Beziehung erscheint demjenigen der Gewebskerne völlig analog.

Da ich mir von der weiteren Verfolgung der tinktoriellen Verhältnisse die Gewinnung neuer Gesichtspunkte für die Beurteilung der Kernfrage bei den Bakterien versprach, unternahm ich eine Reihe von Versuchen nach dieser Richtung hin, die mich vor allem über das gegenseitige tinktoriell analytische Verhältnis der einzelnen Komponenten des Milzbrandbakteriums aufklären sollten.

Sodann wünschte ich zu erfahren, inwiefern sich zwischen denselben und den Bestandteilen von Gewebszellen Vergleiche mit Bezug auf eine eventuelle Analogie anstellen lassen.

Zu diesem Zwecke mufste die Benutzung von Anthraxbazillen ganz besonders vorteilhaft erscheinen, da sie, in den Tierkörper gebracht, keine Sporen bilden — bei asporogenen Bakterien aber, nach der Angabe von Nakanishi, der Kern besonders leicht nachgewiesen werden kann —, und da sie bei Anwendung des Tierversuches zugleich einen Vergleich mit den Gewebszellen gestatten.

Vor allem schien es mir notwendig, die wohl naheliegende Frage zu entscheiden, ob sich die Bakterien betreffs ihrer tinktoriellen Eigenschaften nicht etwa ähnlich verhalten wie die Lymphocyten, welche einen basophilen Kern in einem gleichfalls basophilen Cytoplasma einschliefsen. Da über die all-

gemeine Chromatophilie der Milzbrandbakterien keine Zweifel obwalten können, so könnte zur Entscheidung der aufgeworfenen Frage ein bibasisches Färbegemisch verwendet werden, das Methylgrün enthalten würde. Das Methylgrün besitzt nämlich — wie bekannt — eine spezifische Affinität zum Chromatin der Metazoenkerngerüste, die als chemische Reaktion anzusehen ist, da die Zellenkerne auch aus einem Färbegemisch, welches das Methylgrün in einer beliebigen (also auch ohne Rücksicht auf Molekularvolumen und Tinktorialkraft bemessenen) Menge enthält, dasselbe entnehmen. Die positive Methylgrünfärbung kann somit als Nachweis der Kernsubstanz angesehen werden.

Wenn dabei die Milzbrandbakterien einen Kern enthalten, so sollte sich derselbe nach dem Obigen durch Färbung mit Methylgrün nachweisen lassen.

Das von mir zu diesem Zwecke benutzte bibasische Gemisch enthielt gleiche Teile einer 8,4proz. wässerigen Lösung von Methylgrün und einer 0,18proz. wässerigen Lösung von Fuchsin.

Die Färbung mit diesem Gemische ergibt nun bei einfacher physikalischer Fixation (nämlich Austrocknen der Bakteriensuspension im Exsikkator) ein insofern interessantes Ergebnis, als die Milzbrandbakterien das Methylgrün überhaupt nicht aufnehmen und sich in der weit überwiegenden Mehrzahl der Fälle mit dem Fuchsin tingieren, in der Minderheit derselben kommt eine Mischfarbe zustande.

Somit könnte man schliefsen, dafs die Milzbrandbakterien keine Substanz von dem Charakter des Gewebskerngerüstes enthalten.

Dieser Schlufs wäre jedoch, wie ich sogleich zeigen werde, nicht genügend motiviert.

Dafs die Milzbrandbakterien eine Substanz von denselben tinktoriellen Eigenschaften wie die Zellenkerne enthalten, geht aus den Resultaten der Romanowskischen Färbemethode hervor, wie z. B. Zettnow gezeigt hat.

Pappenheim hat wiederum an Gonokokken und anderen Bakterien gezeigt, dafs dieselben sich mit dem Methylgrün

nicht, dagegen aber mit anderen und zwar weniger als das letztere basischen Farbstoffen färben; daraus zog er den Schlufs, dafs wohl die von ihm untersuchten Bakterien aus basophiler Substanz bestehen, dafs aber — wie der negative Ausgang des Versuches mit dem Methylgrün zeige — ihre organische Säure zu schwach ist, um das Salz des Methylgrüns zu spalten und mit der Base desselben eine gefärbte Verbindung zu bilden.

Es wäre daher der Schlufs zulässig, dafs das oben erwähnte Färbungsresultat auch die Deutung zuläfst, dafs sich die Milzbrandbakterien tinktoriell wie weniger basische Kerne verhalten.

Auch die weiteren von mir unternommenen Untersuchungen haben Resultate erbracht, die mich bewogen, betreffs der Milzbrandbakterien die Ausführungen von Pappenheim und Mosse in Anwendung zu bringen.

Einen Teil dieser Resultate teile ich im nachfolgenden Absatze mit; da ich aber denselben nicht vorzugreifen wünsche, beschränke ich mich vorläufig auf die Ergebnisse der tinktoriellen Versuche.

Mit Hinblick auf dieselben bleibt mir nur der Schlufs übrig, dafs die Basophilie der Milzbrandbakterien keine absolute ist.

Demnach bestehen die Milzbrandbakterien aus basophiler Substanz, deren Acidität jedoch, wie die Färbungen mit meinem bibasischen Gemische ergeben, unter derjenigen der Gewebskerne steht.

Es ist jedoch klar, dafs durch ähnliche Färbungen die Frage, ob die Basophilie der Milzbrandbakterien der Basophilie des Cytoplasmas oder derjenigen des Kernes entspricht, nicht entschieden werden kann. Ich werde jedoch im nächsten Kapitel auf diese Frage zurückkommen.

Ich habe noch einige Bemerkungen über das tinktorielle Verhältnis gewisser färbbarer Körnchen der Bakterien zu deren übrigem Körper beizufügen.

Wie ich nämlich bereits angeführt habe, ist von Feinberg die Analogie des Kernpunktes der Protisten mit gewissen färbbaren Körnchen des Bakterieninhaltes dargelegt worden. Diese Körnchen wurden von Feinberg und anderen Autoren,

auch von Pappenheim, als Analoga der Kerne aufgefafst. Da aber Mosse bewiesen hat, dafs die Nukleolen — denen Feinbergs Kernpunkt der Protisten morphologisch entspricht — gleichfalls nur einen weniger saueren Teil des Kernes darstellen, aber doch basophil sind, so wird man zugeben müssen, dafs die denselben analogen Körnchen der Bakterien auch noch eine andere Deutung zulassen.

Meine weiteren färberischen Untersuchungen, die ich an den Anthraxbazillen unternommen habe, beziehen sich also auf die Konstatierung des Charakters der beiden in denselben eingeschlossenen Innenkörper.

Denn, wenn wir uns der Verhältnisse bei den Lymphocyten als jenen Zellen, denen die Bakterien am analogesten erscheinen könnten, vorausgesetzt, dafs ihr Zellencharakter bewiesen wäre, erinnern, so bemerken wir, dafs ihr Cytoplasma, das ebenso amphophil-basophil ist wie der Leib der Milzbrandbazillen, eine gröfsere Basophilie aufweist als ihre Kerne.

Wie sich die Innenkörper der Milzbrandbakterien in tinktoriell-chemischer Hinsicht zu ihren Leibern verhalten, dies zu eruieren war daher zunächst das Ziel meiner Untersuchungen.

Um die beiden Innenkörper voneinander zu unterscheiden, schlage ich für den gröfseren, umhüllenden, den Namen Ektogranulum, für den kleineren, inneren den Namen Entogranulum vor. Das erstere entspricht dem säurefesten Körperchen Bunges, das letztere dem gleichfalls säurefesten metachromatischen Körperchen Krompechers.

Ich konnte mich durch spezielle Versuche überzeugen, dafs beide Körperchen bereits den oxyphilen Substanzen zwar sehr nahe stehen, trotzdem aber noch zu den basophilen gerechnet werden müssen. Doch ist ihre Acidität auf einer noch tieferen Stufe als die (im Verhältnisse zu den Gewebskernen) ohnehin schon geringere Acidität der Bakterienkörper selbst.

Die erwähnten Körperchen können in vivo direkt wässeriges Methylenblau oder Methylgrün aufnehmen. Bei einfacher physikalischer Fixation (im Exsikkator) nimmt speziell das Entogranulum Wasserblau in wässeriger Lösung, wenn auch nur schwach,

auf; viel besser tingiert sich dasselbe mit dem Wasserblau in sauerem Bade. Es verhält sich also wie ein sauerer Körper.

Allein die in sauerem Bade gewonnene Färbung wird durch nachfolgende Alaunbeizung nicht verändert; die Körnchen aber werden, wie aus der Schilderung der Ergebnisse mit meiner Wasserblau-Eosinmethode im nächsten Kapitel erhellt, durch diese Gerbung befähigt, nächträglich beigefügtes Eosin aufzunehmen. Aufserdem färben sie sich mit Karbolfuchsin (das Ektogranulum nach der Methode von Bunge) und mit Karbolmethylenblau (das Entogranulum nach der Methode von Krompecher), wobei die diesen Farbstoffen beigefügte Phenollösung nur als Differenzierungsmittel im Sinne der Entfärbung des übrigen Bakterienkörpers einwirkt. Somit verhalten sich die Innenkörper auch wie basische Körper.

Das Wasserblau ist nun, wie ich bemerken mufs, zwar ein sauerer, aber als durch Sulfuration des basischen Anilinblaus entstandener Abkömmling, ein so schwach sauerer Farbstoff, dafs er auch Zellkerne sehr gut zu färben vermag. Diese Eigenschaft, vermittelst welcher das Wasserblau an die Grenze der saueren und basischen Farbstoffe zu stehen kommt, macht dasselbe besonders geeignet zur Färbung von Körpern, die gleichfalls an der Grenze der Oxy- und Basophilie stehen. So werden von demselben mit einer geradezu spezifischen Elektivität die sog. Nukleoide der roten Blutkörperchen tingiert, welche von Israel und Pappenheim für karyolytische Reste angesehen werden; bei der Karyolyse aber soll nach diesen Autoren das Basichromatin des Erythrocytenkernes eine solche Umwandlung erfahren, dafs es dem Oxychromatin verwandt wird.

Alle diese Tatsachen führen mich zu dem Schlusse, dafs es sich bei den Innenkörpern des Milzbrandbakteriums um amphophile Elemente von geringer Basophilie handelt. Sie verhalten sich also in ähnlicher Weise, wie dies Pappenheim für den Kernpunkt der Protisten nachgewiesen.

Aber aus ihrem Verhalten ist noch der weitere interessante Schlufs zu entnehmen, dafs nämlich der Körper der Milzbrandbakterien eine im Verhältnisse zu den in demselben eingeschlos-

senen Innenkörpern höhere Basophilie zu erkennen gibt, somit analoge Beziehungen erkennen läfst, wie das Cytoplasma der Lymphocyten zu den Kernen derselben. Dieser Schlufs ist um so interessanter, als eben die Innenkörper (das Ektogranulum von Nakanishi, das Entogranulum von Preisz) für die Kerne der Bakterien angesprochen worden sind.

Trotzdem kann ich mich der Ansicht, nach welcher die Milzbrandbakterien in ihrem Aufbaue echten Zellen entsprechen sollen, nicht anschliefsen. Die Gründe meines Verhaltens kann ich erst im nächsten Kapitel mitteilen.

Dafs aber die Resultate der zuletzt angeführten Färbeversuche nicht blofs im Sinne der Zellenlehre gedeutet werden müssen, geht aus den von mir bereits öfter erwähnten Ergebnissen Mosses hervor.

Mosse hat nämlich den Beweis erbracht, dafs die Nukleolen im Verhältnis zum Kerne eine ganz analoge Beschaffenheit aufweisen. So mufs der Schlufs gestattet werden, dafs sich auch im tinktoriellen Verhalten der Innenkörper des Milzbrandbazillus zu seinem übrigen Körper nichts Wesentliches zeigt, was einer solchen Analogie zuwiderlaufen würde. Hiermit will ich natürlich keinesfalls ausgesprochen haben, dafs ich die Innenkörper für den Zellennukleolen analog halte; meine Deduktion bezieht sich blofs auf ihre tinktoriellen Eigenschaften, wenn ich mir auch nicht verleugnen kann, auch in ihrem physiologischen Verhalten nichts gefunden zu haben, was der obigen Auffassung widersprochen hätte.

---

Es steht durchaus nicht in meiner Absicht, die Resultate der angeführten Färbeversuche schon jetzt direkt für den Beweis des Kerncharakters der Milzbrandbakterien zu verwerten. Dieselben bilden nur ein unterstützendes Moment für die weiter nachfolgenden Darstellungen.

Einen Schlufs aber mufs ich doch aus denselben ziehen: diese Versuche geben durchaus nichts kund, was der Annahme widerstreben würde, dafs die Milzbrandbakterien sich wie Kernen analoge Gebilde verhalten.

## V. Die mikroskopische Untersuchung der künstlich verdauten Milzbrandbakterien.

Für die Entscheidung der Frage, ob die Bakterien kernlose Organismen sind oder nicht, erschien mir die mikroskopische Untersuchung von Bakterien, welche der künstlichen Verdauung unterworfen waren, am wichtigsten.

Zu diesem Zwecke beschickte ich sterile Eprouvetten, welche zu einem Drittel mit künstlichem Magensaft gefüllt und mit einem Wattepfropf versehen waren, mit einer gröfseren Portion des Belages einer Milzbrandbakteriumagarkultur und beliefs dieselbe nach guter Verreibung mit der Platinöse im Thermostat bei 35° C. Als Kontrolle verwendete ich Stückchen von Froschmuskeln, deren Volumen ungefähr dem der in den Magensaft gebrachten Kulturmasse gleich war. Dieselben waren regelmäfsig nach 5—6 Stunden bis auf einen unbedeutenden Rest völlig aufgelöst.

Von der verdauten Kultur wurde am ersten Tage stündlich je eine Probe zum Anlegen von Agarkulturen und zur Anfertigung der mikroskopischen Präparate entnommen. Nachdem das Absterben der Keime in dem Magensafte, das nach 5—6 Stunden erfolgte, konstatiert werden konnte, wurde nunmehr in unbestimmten Intervallen, meist aber täglich, eine Probe zur mikroskopischen Untersuchung genommen.

Die Präparate fertigte ich in der Weise an, dafs ich einige Ösen der Magensaft-Bakteriensuspension auf ein Objektglas brachte, den Tropfen im Exsikkator[1]) eintrocknen liefs und sodann färbte.

Die Färbung mit verdünntem Methylenblau oder Neutralrot ergab mir nicht die gewünschten Resultate bezüglich einer klaren Differenzierung im Baue der Stäbchen. Daher griff ich zu anderen Tinktionsmethoden.

1) Das Austrocknen im Exsikator habe ich bereits zur Anfertigung von Blutpräparaten verwendet (siehe meine Arbeit im Anat. Anz., 23, 1903, S. 311). Die Vorteile desselben bei bakteriologischen Trockenpräparaten haben Kruis und Rayman hervorgehoben.

Indem ich mir vorbehalte, auf die Strukturen, welche die der Einwirkung des Magensaftes unterworfenen Bakterien aufweisen, gelegentlich später des näheren einzugehen, begnüge ich mich im vorliegenden Falle nur mit der Schilderung des allgemeinen Bildes und weise nur auf solche Detaile hin, deren Besprechung für den Zweck der vorliegenden Publikation notwendig erscheint. Dasselbe gilt auch von den von mir verwendeten Untersuchungsmethoden.

Die nachstehenden Beschreibungen beziehen sich auf Präparate, welche mit meinem bibasischen Gemische unter absolut gleichen Bedingungen (Dauer der Fixation und Färbung) gefärbt worden sind (siehe Fig. 3).

Das mikroskopische Strukturbild des verdauten Milzbrandbakteriums hängt im allgemeinen von jener Struktur ab, mit welcher dasselbe in dem Magensafte abgestorben ist. Diese letztere ist von der Struktur, welche das Bakterium in der Zeit unmittelbar vor dem Einbringen in den Magensaft besessen hat, meistens nur in wenigen unwesentlichen Momenten verschieden. Wie sich die Struktur der verdauten Milzbrandbazillen zu der der unverdauten stellt, erhellt aus dem nachstehenden.

Ältere, der Verdauung nicht unterworfene Kultur. Die Stäbchen sind ziemlich gleichmäfsig ausgebildet, von Fuchsin durchgefärbt. Innerhalb derselben sieht man in verschiedener Lagerung und Gröfse ungefärbt gebliebene rundliche oder längliche Stellen, hie und da eine gleichfalls ungefärbte, jedoch von jenen Stellen gut zu unterscheidende Spore. Die erwähnten Stellen entsprechen den säurefesten Körperchen Bunges.

Dieselbe Kultur nach 5stündiger Verdauung. Gut begrenzte Stäbchen, ähnlich gefärbt wie die obigen, der sonstige Befund wie früher.

Dieselbe Kultur, 22½ Stunden verdaut. Die Struktur der Individuen weist keine Veränderungen auf. In einzelnen sind Netzstrukturen zu beobachten, andere Stäbchen erscheinen wieder homogen und gänzlich durchgefärbt.

Dieselbe Kultur, 41 Stunden verdaut. Das Aussehen und die Färbbarkeit der Bakterien sind durchaus unverändert.

Dieselbe Kultur, 60 Stunden verdaut. Das vorhandene Bild gleicht völlig dem vorangehenden.

Dieselbe Kultur, 65 Stunden verdaut. Einzelne in diesem Präparate vorhandene Stäbchen weisen zierliche Netzstrukturen auf. Im sonstigen ist ihr Verhalten stets dem vorigen gleich.

Dieselbe Kultur, 84 Stunden verdaut. Aussehen der Stäbchen wie oben.

Dieselbe Kultur, 90 Stunden verdaut. Im morphologischen und tinktoriellen Verhalten der Stäbchen ist keine Änderung eingetreten. Neben solchen, die ungefärbte Stellen aufweisen, sind in diesem Präparate viele vollkommen durchgefärbte, matt glänzende Individuen vorhanden.

Dieselbe Kultur, 93 Stunden verdaut. Auch dieses Präparat weist keine Änderungen in der Struktur der Einzelstäbchen auf. Vielfach sind Netz- und Wabenstrukturen zu konstatieren.

Dieselbe Kultur $8\frac{1}{2}$ Tage verdaut. Im grofsen und ganzen sind die in diesem Präparate zutage tretenden Änderungen unbedeutend. Es scheint, als ob die ungefärbte Substanz der Bakterien zu-, die gefärbte dagegen etwas abgenommen hätte. Doch ist das schwer zu entscheiden. Das ganze Bild scheint dadurch zu leiden, dafs die äufsersten Teile den einzelnen Stäbchen von den zur Verwendung gelangten basischen Farbstoffen nicht mehr so gut tingiert werden wie in den früheren Tagen.

(Von diesem Tage an bis etwa zu dem 40. bleiben die Veränderungen auf ziemlich derselben Stufe; eine morphologische Änderung kann nicht konstatiert werden, die Abweichungen, sofern solche festgestellt werden können, beziehen sich blofs auf die Tingibilität).

Dieselbe Kultur, 41 Tage verdaut. Wiederum ist das Bild dem vorherigen ähnlich. Die gefärbten Teile scheinen abgenommen zu haben, doch nur in einem Teile der Stäbchen. Ein anderer Teil färbte sich gut, ohne irgendwelche Differenzierung, erscheint aber trotzdem dünner. Ich hatte wiederum den Eindruck, dafs die Substanz der Bakterien die angewendeten Farbstoffe nicht mehr so gut aufnehme wie früher. An vielen

war nämlich eine ungefärbte Aufsenzone deutlich zu konstatieren, während andere sich überhaupt in toto schlecht färbten. Möglicherweise handelt es sich auch um Quellungsvorgänge in geringem Umfange.

*Dieselbe Kultur, 50 und 51 Tage verdaut*, zeigt ein ganz analoges Verhalten.

Was aus diesem ausführlich mitgeteilten Versuche, dem analoge ich einige ausgeführt habe, vor allem erhellt, ist die merkwürdige Tatsache, dafs der Milzbrandbazillus, selbst bei wochenlangem Verweilen in gut verdauendem künstlichen Magensafte, als morphologisches Ganzes völlig unverändert bleibt. *Das 51 Tage und länger der Magensafteinwirkung ausgesetzt gewesene Milzbrandbakterium bietet im wesentlichen dem Auge dasselbe mikroskopische Bild wie ein Anthraxbakterium, das soeben der lebenden Kultur entnommen wurde.*

Dieser Umstand läfst die allgemein biologische Natur desselben in deutlichem Lichte erscheinen. Denn analog wie das *ganze* Milzbrandbakterium verhält sich eben auch das Nuklein der Zellkerne.

Durch Kontrollversuche, wie ich sie mit verschiedenen Körperzellen angestellt habe, kann erwiesen werden, dafs die den Nukleoproteiden nahen Plastine des Zellkörpers bei künstlicher Magensaftverdauung ihrer Einwirkung schliefslich doch, und zwar in verhältnismäfsig kurzer Zeit unterliegen, so dafs nach Beendigung der Magensaftverdauung nur das Kerngerüst übrig bleibt. Es kann daher nicht eingewendet werden, dafs einzelne Bestandteile des der Verdauung unterworfen gewesenen Bakteriums diesen Cytoplasmaplastinen entsprachen.

Dieses Ergebnis meiner Versuche mit der künstlichen Magensaftverdauung der Milzbrandbakterien sind daher geeignet, auch die Zweifel, die bei dem ungewissen Ausgang der früher erwähnten Färbeversuche über das Wesen der Milzbrandbakterienbasophilie walten konnten, in der Richtung nämlich, ob sie als Cytoplasmabasophilie (im Sinne des Lymphocytenkörpers) oder als Kernbasophilie aufzufassen sei, definitiv zu entscheiden. Der Ver-

dauungsversuch zeigt klar, dafs es sich um kein Cytoplasma handelt. Auch ist zu erwägen, dafs bei den Lymphocyten der basophile Kern erythrophil und weniger intensiv gefärbt erscheint als das basophile und zugleich cyanophile Plasma. Dieser Unterschied müfste zwar bei den Milzbrandbakterien selbst dann nicht zutreffen, wenn ihre Kernanalogie ganz zweifellos wäre. Trifft er aber zu, so kann dieses positive Ergebnis gewifs im Sinne einer Analogie zu den Lymphocytenkernen verwertet werden. Wir haben nun aber schon früher gesehen, dafs die Milzbrandbakterien aus einem bibasischen, aus Methylgrün und Fuchsin zusammengesetzten Gemische das letztere an sich ziehen und sie tuen dies auch dann, wenn ihnen ein anderes bibasisches Gemisch, und zwar aus Fuchsin und Methylenblau bestehend, vorgesetzt wird, so dafs sie sich tatsächlich als erythrophil erweisen. Somit verhält sich, wie ich noch einmal hervorheben möchte, auch in dieser Beziehung die ganze Substanz des Milzbrandbakteriums wie das Nuklein der Zellkerngerüste.

Der Umstand, dafs nach lange andauernder Einwirkung des künstlichen Magensaftes die Bakterien die Fähigkeit verlieren, sich in dem Umfange mit wässerigem Fuchsin zu färben, wie vor seiner Einwirkung und etwa 40 Tage lang während derselben, kann in keiner Weise in dem Sinne ausgenutzt werden, als ob dies eine Folge des Verdauungsprozesses als solchen wäre. Würde dies der Fall sein, so müfste diese Erscheinung schon während der ersten 40 Tage zutage treten. Doch dies trifft nicht zu, da die Färbbarkeit der Stäbchen weder nach Qualität noch nach Umfang während dieser Zeit eine Einbufse erleidet.

Der teilweise Wegfall der Färbbarkeit in späten Stadien der künstlichen Magensaftverdauung hat seinen Grund nicht im Verluste eines etwa plasmatischen Teiles der basophilen Substanz des Milzbrandstäbchens.

Färbt man nämlich solche lange verdaut gewesenen Bakterien nach Romanowski, z. B. in der Modifikation von Nocht, so färbt sich, wie ich fand, der von Zettnow als Entoplasma bezeichnete Teil des Stäbchens blau, während die Innenkörper ungefärbt erscheinen. Bei dieser Färbung tingiert

sich also schon ein nach der künstlichen Verdauung mit dem bibasischen Gemisch ungefärbt gebliebener Teil des Stäbchens wieder, kann also durch den Verdauungsprozefs nicht in Verlust geraten sein.

Es kann aber auch der von Zettnow als Ektoplasma bezeichnete Aufsenteil des Milzbrandbakteriums in der folgenden Weise dargestellt werden.

Man färbt Stäbchen, welche lange, z. B. mehr als 50 Tage im Magensafte verweilt haben, mit Karbolwasserblau (1 proz. wässerige Wasserblau-OO-Lösung, 1 Teil + 5 proz. Phenollösung 2 Teile) nach der Fixierung im Exsikkator unter gleichzeitiger Erwärmung und spült sodann mit Wasser ab; dadurch färben sich mit demselben die Innenkörper. Unter dem Mikroskop setzt man sodann dem Präparate eine 5 proz. Alaunlösung zu; nachdem man mit Hilfe eines seitlich angebrachten Stückchens Filtrierpapiers dieselbe durch destilliertes Wasser vollkommen verdrängt hat, setzt man eine 1 proz. wässerige Eosinlösung hinzu. Nunmehr färben sich die ganzen Stäbchen mit dem Eosin durch, die Membran tritt durch dunklere Färbung stärker hervor und im rosa gefärbten Stäbchenkörper sind die mit Wasserblau tingierten Teile enthalten. Die Eosinfärbung ist freilich kaum waschecht und verschwindet auch aus in Zedernöl verschlossenen Präparaten sehr bald, indem sie in die mit Wasserblau tingierten Teile diffundiert. (Der Grund dieser Erscheinung ist schon früher dargelegt worden.)

Doch genügt diese Färbung, um zu zeigen, dafs die Unfärbbarkeit der Aufsenteile des lange der Einwirkung des Magensaftes ausgesetzt gewesenen Milzbrandbakteriums wohl nur als eine Folge der Macerierung durch den künstlichen Magensaft anzusehen ist.

Übrigens kann eine dauerhafte Färbung der ganzen Stäbchen mit Hilfe der Heidenhainschen Eisenhämatoxylinmethode erzielt werden.

Die an lange im Magensafte verbliebenen Bakterien mit Hilfe meiner Methode gewonnenen Bilder sind auch in anderer Beziehung lehrreich. Es ist nämlich klar, dafs sie die im Innern

der Bakterien enthaltenen säurefesten Körperchen isoliert darstellen, wovon man sich auch durch vergleichsweise Anwendung der zur Darstellung dieser Körperchen von Bunge und Krompecher angegebenen Färbemethoden überzeugen kann.

Meine Methode besitzt jedoch den Vorteil, dafs sie uns beide Gebilde, sowohl das Ekto- als auch das Entogranulum, gleichzeitig vor die Augen führt. Dies ist auch dann möglich, wenn die Methode Krompechers mit der Färbung mit meinem bibasischen Gemische kombiniert wird. Doch mufs ich bemerken, dafs die gleichzeitige differente Tinktion dieser Formationen auch bei vitaler Methylgrün- oder Methylenblaufärbung gelingen kann, wie von dem letzteren die in meiner ersten Arbeit publizierte Fig. 2 beweist. Man beachte das schief liegende Stäbchen zwischen den beiden langen Fäden im oberen Teile jener Figur. Methylgrünfärbungen gebe ich in Fig. 5 wieder; der letzterwähnte Farbstoff ist überhaupt zur gleichzeitigen Darstellung sämtlicher Strukturbestandteile sehr geeignet, wie meine Bilder zeigen. Sehr oft enthält ein Ektogranulum zwei Entogranula, manchmal erscheint es körnchenlos, auch können mehrere (gewöhnlich zwei) verschieden grofse Ektogranula in einem Stäbchen vorhanden sein. Manchmal konnte ich in dem Ektogranulum eine Netzstruktur beobachten, deren aufserordentlich feine Fäden in dem zentral gelegenen ungemein winzigen Entogranulum zusammenliefen (Fig. 8).

Eine Verwechslung der Innenkörper mit Sporen konnte nicht vorliegen, weil ich mich von den beschriebenen Verhältnissen an Milzbrandbakterien überzeugt habe, die einer völlig asporogenen, für Tiere nicht pathogenen Kultur entstammten und in virulenten die Sporen von den Innenkörpern gut zu unterscheiden waren.

Als natürliche Folgerung ergibt sich aus meinen Beobachtungen der künstlichen Magensaftverdauung an Milzbrandbakterien unter anderem auch, dafs das von Nakanishi für den Kern der Bakterien gehaltene Gebilde, welches schon von Preisz mit dem Bungeschen säurefesten Körper identifiziert wurde, kein Kern sein kann, da es in dem von der Magensaftverdauung

unberührt gebliebenen Stäbchen erhalten bleibt. Denn es ist mit dem von mir als Ektogranulum bezeichneten Gebilde identisch. Preisz war also, wie diese meine Beobachtung beweist, entschieden im Rechte, wenn er die Kernnatur des Nakanishischen Kernes bestritten hat. Wahrscheinlich entspricht dieses Gebilde der Zentralvakuole Migulas und dem Kerne Sjöbrings. Dem letzteren entspricht meine Beobachtung fädiger Strukturen in seinem Inhalt.

Aber auch das von Preisz für den eigentlichen Kern angesehene metachromatische Körperchen, dessen Identität mit dem von mir Entogranulum genannten Gebilde nicht zu bezweifeln ist, kann unmöglich ein Kern sein, denn auch dieses Gebilde kann man, wie meine Beobachtungen gezeigt haben, auch nach beinahe zweimonatlichem Verweilen der Milzbrandbazillen im gut verdauenden Magensafte unverändert innerhalb der gut erhaltenen Bakterien nachweisen. Würde das Entogranulum den eigentlichen Kern der Milzbrandbakterien vorstellen, so müfste ihre übrige Substanz, als Cytoplasma, bei der künstlichen Verdauung aufgelöst werden und das Entogranulum, als Nukleinsubstanz, allein erhalten bleiben. Dies ist jedoch, wie aus meinen Beobachtungen ersichtlich ist, nicht der Fall.

Bezüglich der Teilung des Milzbrandbakteriums soll die nach Preisz dem Entogranulum und nach Nakanishi dem Ektogranulum zukommende Rolle nicht bestritten werden. Im Vereine mit den von mir in dieser Arbeit mitgeteilten Teilungsbildern der Netzstruktur besitzen wir nunmehr ein ziemlich abgeschlossenes Bild der Teilungsvorgänge bei dem Milzbrandbazillus. Nur der Deutung der oben zitierten Autoren kann ich mich nicht anschliefsen. Ebenso wie das Gebilde von Nakanishi kein Kern ist, ebensowenig ist es das metachromatische Körperchen Krompechers. An diesem Resultate meiner Verdauungsversuche vermag auch die Beteiligung dieser Gebilde an der Teilung des Individuums nichts zu ändern.

Zu erwägen ist, dafs nach Grimme[1]) die Innenkörper den Charakter einer Fettsubstanz besitzen, welcher Behauptung natür-

1) Grimme, Centralbl. f. Bakt., XXXVI, Nr. 3, I. Abt., Orig.

lich meine Verdauungsversuche nicht widersprechen, da sie die Innenkörper unberührt lassen. Da jedoch Grimme angegeben hat, dafs die Fettropfen kugelrund und aufser mit anderen Farbstoffen auch mit Methylenblau nicht färbbar sind, so mache ich nochmals darauf aufmerksam, dafs ich die Innenkörper des öfteren oval, ja stark in die Länge gezogen gesehen habe und dieselben sowohl mit Methylenblau als auch mit Methylgrün (wenn auch nicht regelmäfsig) gefärbt erhalten konnte.

Bezüglich der Netzstruktur habe ich bereits bei Gelegenheit der Beschreibung der Präparate von Bakterien, welche der Verdauung unterworfen gewesen sind, angegeben, dafs sie ziemlich lange beobachtet werden kann. Dafs sie in späteren Zeitpunkten mit den bisher verwendeten Mitteln nicht mehr dargestellt werden kann, kann vielleicht durch Quellung der Netzstruktur in dem Magensafte, die bei einem aus Nukleinsubstanz bestehenden Gebilde begreiflich wäre, erklärt werden, aber keineswegs durch einen Untergang derselben. Dieses zarte Gebilde wäre jedenfalls eines der ersten, das dem Verdauungsprozesse unterliegen würde; gewifs wäre es nach Ablauf einer achttägigen Einwirkungszeit des künstlichen Magensaftes, während welcher ich es noch beobachten konnte, nicht mehr nachzuweisen (Fig. 4).

Es kann daher behauptet werden, dafs in den der künstlichen Pepsinverdauung unterworfenen Milzbrandbakterien sämtliche bisher bekannte Bestandteile ihres normalen Aufbaues, wie ich sie im II. Absatze dieser Arbeit aufgezählt habe, nachgewiesen werden können.

Was die in Bakterien zuerst von Kruis und Rayman[1]) bemerkten spindelähnlichen Gebilde betrifft, so mufs ich bekennen, dafs ich der von diesen Forschern ausgesprochenen Vorsicht in der Deutung derselben vollauf zustimmen mufs. Dazu führen mich die nachfolgenden Gründe. Ich habe sie trotz eifrigsten Nachsuchens in frischen, unversehrten sowie auch in asporogenen Milzbrandkulturen niemals erspähen können. Es ist

1) Rayman-Kruis, Chemicko-biologické studie, III. Rozpr. č. akademie, 1903.

freilich zu beachten, dafs die erwähnten Forscher ihre Beobachtungen an anderen Objekten angestellt und die Spindel mit Hilfe der Photographie dargestellt haben, welche für empfindlicher anzusehen ist, als die Beobachtung mit freiem Auge. Gebilde, die mit ihnen verglichen werden können, fand ich in Stäbchen, welche der künstlichen Magensaftverdauung unterworfen waren, bei Färbung mit basischen Farbstoffen (Methylenblau in verdünnter Wasserlösung; Karbolmethylenblau + mein bibasisches Gemisch).

Weil wirkliche Kernspindeln, als Formationen von sauerem Charakter, der Verdauung durch künstlichen Magensaft wohl kaum widerstanden hätten, und weil ich andere Beobachtungsmethoden in Verwendung brachte als Rayman und Kruis, ist zu bedenken, dafs die von mir beobachteten Gebilde mit der von ihnen beschriebenen Spindel nicht identisch sein müssen.

Spindeln hat weiterhin von Bakterien, welche in einer Gammarusart parasitierten, Vejdovský[1]) beschrieben und dieselben mit der Teilung der Bakterien in Verbindung gebracht. Da Vejdovský zur Darstellung dieser Spindeln die Eisenhämatoxylinmethode Heidenhains empfohlen hat, so möchte ich vor allem der Ergebnisse Erwähnung tun, welche ich mit dieser Methode an den Milzbrandbakterien erzielt habe. Ich beschreibe sie jedoch nur mit Hinblick auf die Spindelfrage und lasse die übrigen Strukturen beiseite.

Vor allem stelle ich fest, dafs die Eisenhämatoxylinmethode zunächst ganz analoge Bilder liefert wie mein bibasisches Gemisch, nämlich das Stäbchen durchgefärbt und mit ungefärbten Stellen versehen darstellt; manche Stäbchen weisen Netzstrukturen auf, andere sind gänzlich durchgefärbt; manche enthalten nur Körner, die auch von verschiedener Gröfse sein können, manche enthalten mehrere Körner, andere nur ein einziges oder zwei. Es kommt öfter vor, dafs in dem letzteren Falle die Körnchen durch einen ovalen, manchmal ziemlich scharfen

1) Vejdovský, Über d. Kern d. Bakterien u. seine Teilung. Centralbl. f. Bakt., Bd. XI, II. Abt., 1904.

fädigen[1]) Kontur verbunden erscheinen, oder es kommen Fälle vor, in welchen ein dunkles (oder zwei solche) Korn in dem ungefärbten Raume liegt. Im grofsen und ganzen sind dies also die Bilder, welche denjenigen, welche Vejdovský von dem früher erwähnten Bakterium bei Anwendung derselben Methode gegeben, entsprechen.

Manchmal erscheint die Substanz, welche den Raum zwischen den Körnchen und dem fädigen Aufsenkontur ausfüllt, gefärbt und mit einer gewissen Struktur begabt; doch wage ich es, bei den geringen Dimensionen des ganzen Gebildes, trotz der sorgfältigsten Beobachtung mit homogener Immersion $^1/_{18}$ Reichert und Okular 8, nicht zu behaupten, dafs diese Substanz aus zwischen den Körnern ausgespannten Fäden besteht. Manchmal sieht man in der Mitte zwischen den Körnern ein quer gestelltes Gebilde, so dafs das ganze Bild an die Äquatorialplatte der karyomitotischen Teilung erinnert. So klare Bilder, wie sie Vejdovský in Fig. 3 seiner Tafel bietet, habe ich nie beobachten können.

Ich glaube aber trotzdem, dafs die von mir gesehenen Gebilde den »Kernen« und »Kernspindeln« Vejdovskýs entsprechen.

Denn nicht nur ihr allgemeines Aussehen entspricht aufserordentlich den Beschreibungen von Vejdovský, sondern besonders auch einzelne Detaile, als z. B. das von ihm als Äquatorialplatte gedeutete Gebilde, die polaren Kernplättchen, sowie die von diesem Forscher betonte, öfter vorkommende, schiefe Lage der »Spindel« zur Längsachse des Stäbchens. Wie diese Lage zustandekommt, kann ich nicht angeben. Die Vermutung Vejdovskýs, dafs sie auf Verdrängung der Spindel durch eine Vakuole beruht, hat gewifs nicht für jeden Fall Geltung; in meinen Präparaten zeigten die betreffenden Stäbchen keine Spur einer Vakuole.

Da ich die eben beschriebenen Gebilde im Milzbrandbakterium unter Anwendung derselben Methode beobachtet habe wie Vejdovský und unsere Bilder auffallende Ähnlichkeit zeigen, so glaube ich behaupten zu dürfen, dafs seine Kernspindeln den von mir gesehenen Gebilden entsprechen, trotzdem ich keine

1) Natürlich im Sinne einer Projektion.

zwischen den Körnern, den polaren Kernplättchen und von der Äquatorialplatte ausgespannten Fäden beobachten konnte.

Es frägt sich nun, welche ist die Bedeutung dieser Gebilde? Darauf geben weitere Beobachtungen von mir Antwort.

Ganz dieselben Gebilde kommen nämlich, wie ich mich überzeugen konnte, auch in lange verdauten Milzbrandbakterien vor. (Siehe Fig. 6, 7.) Sie entsprechen aber, wie mit Hilfe der früher besprochenen Färbungsmethoden eben an den verdauten Bakterien ganz klar bewiesen werden kann, den oben besprochenen Innenkörpern.

Der vermeintliche Kern Vejdovskýs entspricht also dem Entogranulum und ist identisch mit dem Kerne von Preisz.

Was aber die »Spindeln« betrifft, so kommen denselben ähnliche Gebilde meiner Ansicht nach dann zustande, wenn das Ektogranulum undeutliche Strukturen aufweist, und das Entogranulum in dessen Mitte zu liegen kommt; ganz besonders ist dies möglich, wenn das Entogranulum schief zur Längsachse des Stäbchens liegt und sich in Teilung befindet, wobei Gebilde von Vejdovskýs Fig. 3 freilich ohne die Spindelfäden entstehen können (Fig. 9a). Auch dann können spindelähnliche Gebilde entstehen, wenn bei an den Polen der »Spindel«, d. h. des Ektogranulums liegenden zwei Entogranulis die undeutliche Strukturierung des zwischen ihnen gelegenen, in die Länge ausgezogenen Ektogranulums eine solche Täuschung zuläfst.

Aus meinen Beobachtungen glaube ich mit Recht schliefsen zu dürfen, dafs es in Milzbrandbakterien keine echten Spindeln gibt. Aber selbst wenn man ihre Gegenwart zuliefse, so könnten dieselben nicht mit den Kernspindeln anderer Zellen analogisiert und könnte denselben keine analoge Rolle zugeschrieben werden, und zwar aus dem Grunde nicht, weil ich gezeigt habe, dafs die Gesamtmasse des von mir untersuchten Bakteriums sich wie Nuklein verhält.

Sollte hier die Spindel den Kern in der Weise vertreten, wie es nach Doflein bei Noctiluca der Fall ist, so müfste die dasselbe umschliefsende Substanz, als Cytoplasma, durch den Verdauungsversuch zu entfernen sein, was jedoch bei dem Milz-

brandbakterium, wie meine Versuche dartun, nicht möglich ist. Es müfste hier also die Spindel, welche nach Vejdovský den Kern vertreten soll, in eine Kernsubstanz gebettet sein, somit ein Kern in einen anderen.

Die Ausführungen von Vejdovský haben daher für das Milzbrandbakterium keine Geltung, und es mufs erst mit Hilfe des Verdauungsversuches gezeigt werden, inwiefern sie auch bei anderen Bakterien den Beobachtungen standhalten werden. Auf keinen Fall dürfen aber die Schlüsse Vejdovskýs generalisiert werden, was natürlich vorläufig auch von meinen Resultaten betreffs des Milzbrandbazillus Geltung hat. Trotzdem möchte ich darauf hinweisen, dafs die letzteren in vollkommenstem Einklange zu dem stehen, was ich in meiner ersten Arbeit über die allgemein biologische Natur der Bakterien aus anderen Beobachtungen geschlossen habe.

## VI. Allgemeine Ergebnisse.

Fasse ich nunmehr die Resultate meiner vorliegenden Arbeit zusammen, so gelange ich zu den nachfolgenden Schlüssen von allgemeinerem Charakter.

Die Milzbrandbakterien verhalten sich in tinktorieller Beziehung analog den Kernen von Metazoenzellen, denn die bei ihnen auftretenden Färbungsdifferenzen beruhen auf keinen Qualitäts-, sondern nur auf graduellen Unterschieden.

Das Nuklein kann in denselben in beträchtlicher Menge chemisch nachgewiesen werden.

Durch die von mir ausgeführte mikroskopische Untersuchung der durch künstlichen Magensaft verdauten Bakterien wurde der Beweis geliefert, dafs bei diesem Vorgange keiner von den bisher bekannten Hauptbestandteilen der morphologischen Struktur derselben verloren geht, dafs ihre Form und die Art der Lagerung der einzelnen Bestandteile relativ lange Zeit erhalten bleiben, dafs sich somit die Milzbrandbakterien in ihren bis jetzt erkannten Hauptbestandteilen dem Nuklein der Metazoënzellkerne vollständig analog verhalten.

Aus den Ergebnissen der Tinktionen nach der Methode von Romanowski hat man geschlossen, dafs der gröfste Teil des Milzbrandstäbchens aus Chromatin besteht und von feinen Fäden einer sich anders färbenden Substanz durchzogen wird, die man als Cytoplasma deutete. Doch ist diese Deutung nicht unwiderlegbar. Mit Hilfe eines neutralen Färbegemisches, welches aus Narcein, Fuchsin und Methylgrün bestand, erhielt ich an Leukocytenkernen ganz analoge Bilder. Ein feines, von dem Fuchsin gefärbtes Netz durchzog den im übrigen von dem Methylgrün gefärbten Kern. Wurde das Fuchsin aus dem Färbegemisch ausgeschaltet, so färbte sich der ganze Kern, somit auch die in demselben enthaltene Netzstruktur mit Methylgrün. Das feine Netz in den Milzbrandbakterien kann auch mit Fuchsin tingiert werden. Aus diesen meinen Versuchen schliefse ich, dafs der Netzstruktur die Bedeutung des Cytoplasmas nicht beigemessen werden kann, und dies wird auch durch den Ausgang des Verdauungsversuches bestätigt, in dessen Verlauf ich jene Struktur in einzelnen Stäbchen noch am achten Tage der Magensafteinwirkung nachweisen konnte.

Diese meine Versuche und Beobachtungen liefern daher eine weitere Bestätigung der in meiner ersten Arbeit ausgesprochenen Ansicht, dafs die Bakterien Kernen analoge Gebilde sind.

Infolge dieses Beweises entfällt für mich natürlich die Notwendigkeit einer Analyse jener Hypothesen, welche den Umstand erklären sollten, dafs selbst bei Bakterien, in deren Inhalt Gebilde aufgefunden worden sind, welche von anderen Autoren als Kerne aufgefafst wurden, der Kern nicht in jedem Falle nachgewiesen werden konnte.

Die Milzbrandbakterien sind also, meinen Beobachtungen gemäfs, keine kernlosen Organismen, da sich — soweit unsere jetzigen Kenntnisse reichen — nur Nukleinsubstanzen an ihrem histologischen Aufbaue beteiligen, dieselben sind jedoch Cytoden im Sinne von Haeckel, und zwar nackte Kerne.

Hierbei ist es nicht nötig, auf die Lehre R. Hertwigs[1]) von den im Cytoplasma zerstreuten Chromidien, welche den

1) R. Hertwig, Archiv f. Protistenkunde, I, 1902.

Kern vertreten sollen, zurückzugehen. Meine Versuche lehren, dafs die Gesamtsubstanz des Bakteriums aus Nuklein besteht, und dafs seine einzelnen morphologischen Bestandteile mit den Bestandteilen der Metazoenkerne in zwanglose Analogie gebracht werden können.

Weitere Untersuchungen werden uns darüber belehren, ob die von mir über das Milzbrandbakterium eruierten Tatsachen und somit auch die aus denselben gefolgerten Schlüsse auch für andere Bakterien Geltung haben.

---

## Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Teilung der Netzstruktur. 1 Tag alte Kultur, Fixation im Exsikkator, gefärbt mit verdünntem wässerigen Fuchsin.

Fig. 2. Netzstrukturen *a*, *c* den Monaster imitierend,
*b* den Dyaster imitierend,
gefärbt mit Methylenblau.

Fig. 3. Milzbrandbakterien, welche der Pepsinverdauung unterworfen waren. Fixation im Exsikkator, Färbung mit dem bibasischen Gemische. *a* 5 Stunden verdaut, *b* 93 Stunden verdaut, *c* 8 ½ Tage verdaut, *d* 41 Tage verdaut.

Fig. 4. Netzstrukturen von der Pepsinverdauung unterworfenen Bakterien. *a* 93 Stunden verdaut, *b* 65 Stunden verdaut, *c* 8 ½ Tage verdaut.

Fig. 5. Bilder vitaler Färbung mit Methylgrün. 24 Stunden alte Kultur.

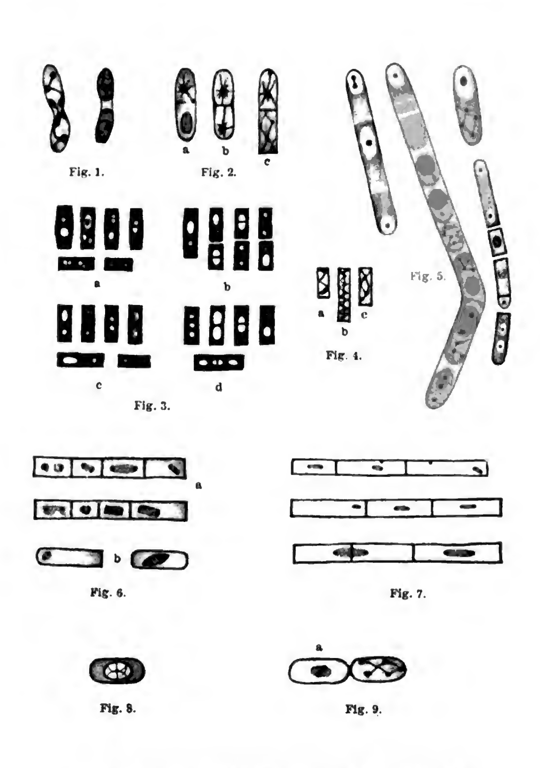
Fig. 6. Die Innenkörper: *a* von Bakterien, die 50 Tage im Magensafte verweilt haben, fixiert im Exsikkator, gefärbt mit Karbolmethylenblau + meinem bibasischen Gemisch;
*b* von Bakterien, die 86 Stunden verdaut wurden, fixiert in der Flamme, gefärbt mit verdünntem Methylenblau.

Fig. 7. Die Innenkörper von 9 Tage verdauten Bakterien, gefärbt mit Karbolfuchsin.

Fig. 8. Die Struktur des Ektogranulums. Aus einem 54 Tage verdauten Bakterium, fixiert im Exsikkator, gefärbt mit dem bibasischen Gemische. Das feine Entogranulum hellrot.

Fig. 9. *a* Innenkörper, die Kernspindel samt Äquatorialplatte imitierend.

---




Nach der Natur gezeichnet von Dr. Vlad. Růžička.

Druck und Verlag von R. Oldenbourg in München

318

# Der Wärmehaushalt beim Menschen nach Bädern und Duschen von verschiedener Temperatur.

Von

Dr. med. **Alexander Ignatowski.**

(Aus der hydrotherapeutischen Abteilung der Klinik von Prof. M. Janowski. St. Petersburg.)

Der Effekt sämtlicher hydropathischen Prozeduren resultiert aus dem Zusammenwirken zweier Momente und zwar:

1. eines thermischen — des Einflusses von Wärme oder Kälte,
2. eines mechanischen — der Wirkung entweder lediglich der Masse des Wassers als eines Mediums von gewisser Konsistenz, oder ferner einer besonderen Kraft, die das Wasser in Bewegung setzt.

A priori darf man annehmen, dafs die Wirkung der thermischen Reize zunächst im Wärmehaushalt zur Geltung kommt.

Die Erscheinungen, welche im Organismus durch irgendeine Einwirkung hervorgerufen werden, lassen sich in zwei Gruppen einteilen. Diejenigen der ersten Gruppe entstehen und sind zu beobachten während der ganzen Wirkungsdauer des Agens, — der Organismus leistet der äufseren Einwirkung Widerstand, überwindet sie oder unterliegt ihr.

Die zweite Gruppe bilden die Erscheinungen der Nachperiode, — wenn der Organismus seine Verluste wett zu machen sucht oder sich von der Anstrengung erholt.

Die primären Erscheinungen verlaufen meist lebhaft, sind dabei leicht zu beobachten, doch von kurzer Dauer, während die sekundären zwar nicht in deutlich ausgeprägter Form zutage

treten, aber längere Zeit dauern. Das Studium der Wirkungen, welche die verschiedenen Formen der äufseren Anwendung von Wasser auf den Wärmehaushalt ausüben, erstreckte sich zunächst auf die Erscheinungen der ersten Periode. Allein man kann nicht sagen, dafs die Untersuchungen über diese Frage als abgeschlossen gelten dürfen.

Allerdings ist der Wärmeaustausch zwischen Wannenbad und Organismus schon seit längerer Zeit, den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts, Gegenstand der Forschung und hat eine reiche Literatur aufzuweisen, jedoch in bezug auf andere Prozeduren sind die Angaben zusammenhanglos, ungenau und erfordern eine sorgfältige Nachprüfung.

Übrigens sollte man — nach meiner Ansicht — nicht in den Erscheinungen dieser Periode die charakteristischen Zeichen der Wirkung der äufseren Applikationen suchen. Wenn wir irgend eine Prozedur indizieren, sei es auch eine solche, deren Dauer nach Teilen einer Minute mifst, erwarten wir, dafs ihre therapeutische Wirkung erst in der folgenden Periode eintreten und, wenn auch nicht deutlich ausgeprägt, so anhaltend, jedenfalls aber von längerer Dauer sein wird als die Prozedur selbst.

Das Studium dieser für den Organismus so nützlichen Erscheinungen mufs als besonders wichtig gelten. Während wir aber über die Veränderungen im Puls, Atmung, Blutdruck und Temperatur mehr oder weniger orientiert sind, besitzen wir noch nicht sehr umfangreiche Kenntnisse vom Zustande des Wärmewechsels nach hydriatischen Prozeduren[1]).

Diese Lücke in den Untersuchungen ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dafs es früher kein einigermafsen genaues klinisches Kalorimeter gab. Die Klinik Prof. Janowskis besitzt zwei klinische Kalorimeter, von denen das eine ein Wannenkalorimeter ist. Es wurde von Dr. W. Peskow konstruiert und hat vor den Wannenkalorimetern Liebermeisters und Léfévres den Vorzug, dafs das Umrühren des Badewassers durch

1) Aus äufseren Gründen vermochte Verfasser auf die Literatur der letzten Jahre, die hierher Gehöriges berichtet, nicht einzugehen. (Siehe z. B. diese Zeitschrift, Bd. XLVI, S. 390.) Der Herausgeber.

Strahlen desselben mit Hilfe einer besonderen durch Elektrizität betriebenen Pumpe bewerkstelligt wird. Die Wärmeverluste durch Strahlung und Leitung sind auf ein Minimum reduziert. Hinsichtlich der Genauigkeit seiner Angaben entspricht der Apparat den klinischen Zwecken in vollkommenster Weise.

Das zweite klinische Kalorimeter ist von Dr. Mundt nach dem Prinzip des d'Arsonvalschen Anemokalorimeters konstruiert.[1]) Es stellt einen Behälter vor, in dem das Untersuchungsobjekt in horizontaler Lage plaziert wird. Durch die von demselben abgegebene Wärme wird die Binnenluft im Apparat erwärmt, steigt nach oben und entweicht durch eine besondere, mit einem Anemometer versehene Öffnung. Die entwichene Luft wird durch von unten eindringende Zimmerluft ersetzt. Je mehr Wärme das Untersuchungsobjekt abgiebt, desto geschwinder dreht sich das Anemometer. Die Menge der vom Menschen ausgeschiedenen Dämpfe und die latente Wärme der Verdunstung werden mittels Hygrometer festgestellt.

Behufs Graduierung des Apparates wurde ein Drahtrheostat konstruiert, durch welchen wir einen elektrischen Strom von bestimmter Spannung leiteten. (Ich beschränke mich auf diese kurzen Angaben über das Kalorimeter, da eine ausführliche Beschreibung des Apparates, der Methode seiner Graduierung und der Untersuchungen am Menschen in einer besonderen in Pflügers Archiv veröffentlichten Abhandlung zu finden ist.[2]) Diese beiden in Prof. Janowskis Klinik vorhandenen Kalorimeter benutzte ich, um den Wärmezustand des Organismus unter dem Einflufs einiger hydropathischer Prozeduren zu untersuchen. Die Beobachtungen wurden an Gesunden und an Fiebernden angestellt. Als Versuchszeit wählte ich die Morgen- und Tagesstunden und zwar die Zeit von 10 Uhr morgens bis 3—4 Uhr nachmittags.

Die Versuchsobjekte mufsten sich den Vorschriften eines regelrechten Hospitalregimes unterwerfen. Sie standen um 7 Uhr

1) d'Arsonval, Journ. de Physiologie normale et pathol., 1894, p. 360.

2) A. O. Ignatowski, Ein neuer Typus eines klinischen Kalorimeters. Arch. f. ges. Physiologie, Bd. 102.

morgens auf, erhielten um $7^1/_2$ bis 8 Uhr Tee mit Brot, speisten um 12 Uhr zu Mittag und um 6 Uhr zu Abend. Die Zusammensetzung der genossenen Nahrungsmittel und ihre Quantität wurden in Betracht gezogen und nach Kalorien bestimmt.

Gewöhnlich wurde eine Beobachtung ungefähr 2 Stunden nach dem Frühstück angestellt. Dann folgte irgend eine hydriatische Prozedur, worauf der Wärmewechsel aufs neue festgestellt wurde. Nach der zweiten Beobachtung pflegten die Versuchsobjekte zu Mittag zu essen. Die dritte und letzte Beobachtung wurde in den Nachmittagsstunden von 3—4 Uhr angestellt. Da die gesunden Versuchsobjekte, die sich vor dem Versuch frei umherbewegen, wenn sie in den Apparat gebracht werden, aus dem Zustand der Bewegung zu dem relativer Ruhe übergehen, erwies es sich als notwendig, zur Verhütung von Schwankungen in der Wärmeregulierung, die von den Veränderungen des Muskeltonus herrühren, die Versuchsobjekte eine Zeit lang in ruhiger sitzender oder liegender Stellung verharren zu lassen.

Die Angaben des Anemometers wurden nicht sofort nach Beginn des Versuchs notiert, sondern erst eine halbe Stunde später, mit Rücksicht darauf, dafs das Anemometer, dessen Drehung von dem durch Berührung mit dem Versuchsobjekt erwärmten Luftstrom bewirkt wird, nur allmählich seine volle Geschwindigkeit erlangt. Diese Geschwindigkeit wird ungefähr nach einer halben Stunde nach dem Hineinbringen des Versuchsobjektes in den Apparat konstant und entspricht dann der Wärmeabgabe des Versuchsobjektes. Auf diese Weise erhalten wir 30 Min. nach Beginn des Versuchs die ersten Daten bezüglich der Wärmeabgabe. Die Angaben des Anemometers wurden ferner im Laufe von 15 Min. notiert, und das Mittel aller dieser Ziffern bezeichnet die Wärmeabgabe für 15 Min., d. h. für die dritte Viertelstunde nach Beginn des Versuches. Da aus den Angaben der Thermometer die Körpertemperatur zu Beginn und am Schlufs der konstanten Periode bekannt ist, können wir auch die Wärmeproduktion des Versuchsobjektes feststellen. Mittels Hygrometer wurde die Menge der ausgeschiedenen Dämpfe bestimmt. Weitere ausführliche Angaben über die Untersuchungs-

methode am Menschen sind in unserer ersten Abhandlung enthalten, und daher gehen wir direkt zu unseren Beobachtungen über.

## Kalte Prozeduren.

Die Frage nach der Wirkung kalter Bäder auf den Wärmehaushalt ist mit der Frage nach dem Einflufs der Kälte auf die Wärmeregulation unlöslich verknüpft. Letztere Frage ist wissenschaftlich wie praktisch von enormer Bedeutung. Sie erhält noch besonderes Interesse dadurch, dafs sie schon seit langer Zeit den Gegenstand reger Kontroversen zwischen den Gelehrten bildete und noch heutzutage bildet.

Diese Kontroversen datieren aus den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts, als Liebermeister[1]) zum erstenmal die Ansicht aussprach, dafs in der Wärmeregulation eines sich im kalten Medium aufhaltenden Organismus eine wesentliche Rolle der Wärmeproduktion zufalle und die Wärmeverluste im kalten Bade durch gesteigerte Produktion kompensiert würden.

Zu solchen Schlüssen kam Liebermeister auf Grund seiner Untersuchungen mit dem Wannenkalorimeter.

Jedoch die Ansicht Liebermeisters fand durchaus nicht überall Zustimmung. Im Gegenteil, einige namhafte Gelehrte (Senator, Winternitz u. a.) behaupteten, die Wärmeökonomie würde hauptsächlich durch die Wärmeabgabe reguliert, dafs der Organismus sich gegen die Kälte hauptsächlich durch Herabsetzung der Wärmeabgabe wehre.

Auf dem Boden dieser Gegensätze entspann sich zwischen den Anhängern dieser und jener Meinung ein Streit, der lange Jahre währte.

Es ist hier nicht der Ort, auf weitere Einzelheiten in bezug auf diese Frage einzugehen, jedoch wenn man alle neuesten, aus direkten kalorimetrischen Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse unparteiisch verallgemeinert und sie mit den entsprechenden Untersuchungen des Gas- und Stoffwechsels sowie

1) Liebermeister, Handbuch der Pathologie und Therapie des Fiebers, 1875.

den Daten der Thermometrie, besonders der topographischen, vergleicht, kann man nicht umhin, der Ansicht Liebermeisters und Léfévres[1]) zuzustimmen, dafs der Organismus im Kampf mit der Kälte hauptsächlich zur chemischen Regulation — der Steigerung der Wärmeproduktion greift.

Um den Wärmehaushalt beim Menschen nach kalten Bädern kennen zu lernen, müssen wir in Ermangelung von Daten der direkten Kalorimetrie die Hilfsdaten aus dem Gaswechsel, der Thermometrie u. a. heranziehen.

Obgleich der Wärmeaustausch zwischen Mensch und Bad schon von vielen Autoren zum Gegenstand ihrer Forschungen gemacht wurde und nach den Untersuchungen von Léfévres überhaupt kaum etwas neues in bezug auf diese Frage zutage gefördert werden konnte, stellte ich einige Beobachtungen mit dem Wannenkalorimeter an. Meine Absicht bei diesen Beobachtungen war, den Wärmehaushalt während des Bades mit dem Wärmehaushalt in der Nachperiode zu vergleichen. Die Methode, die bei diesen Versuchen angewendet wurde, war dieselbe wie bei Liebermeister. Bevor das Versuchsobjekt in das Bad stieg, liefsen wir das Wasser sich abkühlen oder erwärmen. Diese erste Periode des Versuches dauerte 20—30 Min. Darauf nahm der zu Untersuchende im Bade Platz. (2. Periode.) Die Dauer dieser Perioden war in verschiedenen Fällen verschieden. Die 3. Periode begann, wenn der Kranke das Bad verliefs. Wir bestimmten dann die Abkühlung oder die Erwärmung des Badewassers ohne den Menschen.

Die Angaben des in das Bad getauchten Thermometers wurden alle 5 Min. notiert. Die Temperatur des Versuchsobjekts wurde in recto oder in der Achselhöhle vor dem Untertauchen ins Wasser gemessen. Darauf stieg der Mensch mit demselben Thermometer ins Bad. Beim Verlassen desselben wurde die Körpertemperatur festgestellt. Das Mischen des Badewassers geschah während der ganzen Dauer des Versuches mittels einer Pumpe.

1) Léfévre, Archive de Physiologie et Pathologie génér., 1894, und Comptes rend. de la Soc. de Biologie, 1894.

Versuch Nr. 1 wurde an Ch...skij, einem gesunden Subjekt, das schon mehrmals zu Untersuchungen im Wannenkalorimeter benutzt worden war, angestellt. Vorher wurde er um 11 Uhr 35 Min. ins Anemokalorimeter gebracht, darauf wurde ihm im Wannenkalorimeter ein kaltes Bad von 17,1° C (13,5° R) bereitet, in dem er 2,5 Min. blieb. Während dieser kurzen Zeit gab der Organismus ans Bad 64,65 grofse Kalorien ab, dabei stieg seine Rektaltemperatur um 0,03°. Obgleich die Wärmeabgabe des Körpers im Bade um 13,5 mal gestiegen war, kühlte sich der Organismus nicht nur nicht ab, sondern gewann im Gegenteil an Wärme. Diese Tatsache kann auf keine andere Weise erklärt werden als durch Steigerung der Wärmeproduktion. In der Tat erweist es sich, wenn wir die Erwärmung des Organismus berechnen, dafs letztere in 2½ Min. 65,8685 Kalorien erzeugt hat. Angenommen, die normale Wärmeproduktion betrage 100 Kalorien in einer Stunde oder 4,15 Kalorien in 2½ Minuten, sehen wir an unserem Beispiel, dafs die Wärmeproduktion im kalten Bade fast 14 mal höher geworden ist als die Norm. Das Versuchsobjekt vertrug das kalte Bad gut. Besonders heftiges Zittern war nicht wahrzunehmen.

Versuch Nr. 2 ist dem vorhergehenden zwar sehr ähnlich, allein die Ziffern der Wärmeabgabe sind etwas höher als in diesem, obwohl das Bad um 0,5° wärmer, und das Subjekt ½ Min. weniger darin war. Das ist wahrscheinlich dadurch zu erklären, dafs das Versuchsobjekt einen kleineren Wuchs hatte und daher viel tiefer im Bade Platz fand, so dafs die Wärmeabgabe vollständiger ermittelt werden konnte.

Im Versuch Nr. 3 wurde eine Untersuchung der Wärmeabgabe bei Subjekt Nr. 1 in einem Bade von 26,75° C angestellt. Das Bad dauerte 15 Min. Die Wärmeabgabe für die ganze Badezeit beträgt 79,5 Kalorien, die Wärmeproduktion 83,718 Kalorien. Aus unseren Versuchen kann man sich einen Begriff von der sukzessiven Veränderung der Wärmeabgabe machen. So sehen wir in Versuch Nr. 1, dafs die Wärmeabgabe in der ersten Minute des Bades bedeutend höher war als die Wärmeabgabe in den folgenden 1½ Min. Ebenso in Versuch Nr. 3 (s. Tab. I).

Tabelle I. **Versuche 1, 2, 3 und 4.**

| Nr. d. Versuchs | Bedingungen der Beobachtung | Name Alter Wuchs | Körpergewicht in kg | Wasserdampf | | Anzahl d. Kalorien nach Angabe des Kalorimeters | Wärmeabgabe in ¼ Stunde | | Körpertemperatur | | Wärmeproduktion in ¼ Stunde | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Quantit. d. ausgeschied. W.-D. für 15 Min. in g | Latente Wärme der Verdunstung | | Gesamte | auf 1000 qcm | in recto | in axilla | Gesamte | auf 1000 qcm | auf 1 kg des Körp.-Gew. | |
| 1 | Vor dem Bade | Ch . . skij Subj.Nr 5 23 Jahre alt | 64,45 | 18,14 | 10,55 | 14,8 | 25,33 | 1,281 | 37,32<br>37,31 | 37,04<br>36,7 | 13,56 | 0,6858 | 0,21 | |
| | | | | Kaltes Bad in einem Wannenkalorimeter von 17,1°—17,55°. Während des Bades stieg die Temperatur in recto um 0,03°.<br>Wassermenge . . . . . 147 l<br>Wärmeäquivalent d. Wanne 3 l<br>150 l<br>Mittlere Erwärmung der I. Periode 0,008°. Das Badewasser hatte sich um 0,45° erwärmt. Mittlere Erwärmung der III. Periode 0,00763°. | | | | | | | | | | Mittl. Erwärmung $\frac{0,008 + 0,00725}{2}$ = 0,00763 in 1 Min. In 2,5 Min. Erwärm. 0,00763 · 2,5 = 0,01907. Die Wärmeabgabe des Menschen an d. Bad = 150 · (0,45 — 0,01907) = 64,6395 Kal. in 2,5 Min. Die Wärmeproduktion: 65,8685 Kal. in 2,5 Min. (gewöhnl. 4,15 Kal. in 2,5 Min.). Die Wärmeabgabe der ersten Min. 43,76 Kal. |
| | Nach dem Bade | | 64 | 9,626 | 5,595 | 12,95 | 18,54 | 0,9421 | 36,75<br>36,58<br>36,55 | 36,18<br>36,33<br>36,25 | 16,95 | 0,8613 | 0,265 | |
| 2 | Morgens 9 Uhr 400 g Tee, 400 g Brot vor dem Bade | Theodor F . . . ff Subj.Nr.4 | 52,7 | 13,23 | 7,685 | 16 | 23,685 | 1,364 | 37,05<br>37,0 | 37,0<br>36,98 | 21,498 | 1,2385 | 0,408 | |
| | | | | Kaltes Bad in dem Wannenkalorimeter.<br>Körpertemperatur 37,05°.<br>Mittl. Erwärmung der I. Periode 0,0091° in 1 Min. Das Bad hatte sich erwärmt um 0,45° in 2 Min. Mittl. Erwärmung der III. Periode 0,0053° in 1 Min. | | | | | | | | | | Mittlere Erwärmung $\frac{0,0091 + 0,0053}{2}$ = 0,0072 in 1 Min. 0,0144 in 2 Min. Wärmeabgabe des Menschen an das Bad 150 · (0,45 — 0,0144) = 65,34 Kal. in 2 Min. Wärmeprodukt. = Wärmeabgabe. |
| | Nach dem Bade v. 17,55—18,0° C u. 2 Min. Dauer | | 52,7 | 11,94 | 6,932 | 13,6 | 20,582 | 1,183 | 37,4<br>37,08<br>36,98 | 36,6<br>36,83<br>36,65 | 16,158 | 0,9309 | 0,307 | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Morgens 300 g Tee, 500 g Brot vor dem Bade von 27,15° C | Theodor J . . . ff Subj.Nr.1 | 65,0 | 12,76 | 7,408 | 15,95 | 24,36 | 1,169 | 37,15<br>37,1 | 36,9<br>36,7 | | | | |
| | | | | Bad im Wannenkalorimeter.<br>Körpertemperatur<br>36,75°<br>36,8°<br>36,9°<br>36,9°. | | | | Abkühlung in der I. Periode<br>0,3° in 35 Min.<br>Das Badewasser hatte sich erwärmt<br>um 0,4° in 15 Min.<br>Abkühlung in der III. Periode<br>0,285° in 35 Min. | | | | | | Mittlere Abkühlung des Bades:<br>0,00835 in 1 Min.<br>0,012525 in 15 Min.<br>Wärmeabgabe des Menschen an das Bad:<br>(150 · 0,52525) — 1,5 = 77,29 Kal.<br>Wärme-abgabe / Wärme-produkt.<br>in d. ersten 5 Min. 43,20 / 45,9<br>» » zweit. 5 » 17,05 / 22,45<br>» » dritten 5 » 17,05 / 17,05<br>77,3 / 85,4 |
| | Wurde 25 Min. nach dem Bade ins Kalorimeter gebracht | | 65,0 | 8,94 | 5,188 | 14,35 | 19,54 | 0,9776 | 36,65<br>36,8<br>36,75 | 36,4<br>36,6<br>36,7 | 16,82 | 0,8416 | 0,259 | |
| 4 | Um 8 Uhr 600 g Tee, 500 g Brot vor dem Bade von 27,75° C | Theodor J . . . ff Subj.Nr.1 | 65,5 | 10,61 | 6,162 | 15,15 | 21,31 | 1,066 | 37,4<br>37,1 | 36,8<br>36,75 | 5,0 | 0,2502 | 0,076 | |
| | | | | Bad von 26,75° in einem Wannenkalorimeter.<br>Temperatur in axilla<br>36,65°<br>36,65°<br>36,6°<br>36,7°<br>36,7° | | | | Mittlere Abkühlung der I. Periode<br>0,1125° in 15 Min.<br>Das Bad hatte sich erwärmt in der II. Periode um 0,425° in 15 Min.<br>Mittlere Abkühlung der III. Periode<br>0,1175° in 15 Min. | | | | | | Wärme-abgabe / Wärme-produkt.<br>Mittl. Abkühl. des Bades . . 35,75 K. / 33,032 K.<br>Während des Bad. erwärmte sich d. Wasser um . . . . 20,25 K. / 25,686 K.<br>Wärmeabgabe des Menschen an das Bad . 24,5 K. / 24,5 K.<br>81,5 K. / 83,718 K.<br>Nach 5 Min. geringes Zittern, nach 10 Min. bedeutendes Zittern. |
| | Wurde 25 Min. nach dem Bade ins Kalorimeter gebracht | | | 8,692 | 5,051 | 14,1 | 19,15 | 0,9559 | 36,3<br>36,3 | 36,3<br>36,7 | 19,15 | 0,9559 | 0,293 | |

Obgleich die Zahl der von mir angestellten Versuche viel zu gering ist, um zu einem Urteil über eine so wichtige und komplizierte Frage zu berechtigen, glaube ich in Anbetracht dessen, dafs die Resultate der einzelnen Versuche sich in völliger Übereinstimmung befinden, dafs sie mit Hilfe eines Kalorimeters angestellt sind, das durch seine Eigenschaften alle früheren übertrifft, mit einigem Recht nachstehende Folgerungen zu ziehen.

Durch diese Untersuchungen erfahren also die zuerst von Liebermeister, dann von Léfévre aufgestellten Sätze völlige Bestätigung, nämlich dafs:

1. Je niedriger die Temperatur des Bades, desto energischer sowohl Wärmeproduktion als auch Wärmeabgabe von statten geht,
2. während der ersten Minuten seines Aufenthaltes im Bade der Organismus mehr Wärme abgibt als in der folgenden,
3. im kalten Bade nach einer gewissen wechselnden Periode der Wärmeabgabe die Verluste für die Zeiteinheit beständig werden.

Während der Vor- und der Nachperiode wurde das Versuchsobjekt im Anemokalorimeter untersucht. Ich führe die Tabellen dieser Versuche nicht vollständig an, da das den Umfang der Abhandlung bedeutend vergröfsern würde, sondern nur in extenso. Ausführlicher sind diese Untersuchungen in meiner Dissertation niedergelegt.

Zur Erläuterung der Tabellen halte ich es für notwendig, zu erwähnen, dafs die Daten des Wärmehaushaltes für viertelstündige Perioden gelten und der dritten Viertelstunde nach Beginn des Versuches entsprechen. Die Intervalle zwischen den Messungen der Körpertemperatur in jedem Versuche betragen auch eine Viertelstunde. Die Differenz zwischen den Angaben der Rektalthermometer zu Beginn und denen am Schlusse der konstanten Periode, d. h. nach 30 und 45 Min. nach Beginn des Versuches, diente zur Bestimmung der Wärmeproduktion mit Hilfe der gewöhnlichen Formel. Die Wärmeproduktion wurde

berechnet: 1. für die Einheit der Körperfläche (1000 qcm), 2. für 1 kg des Körpergewichts. Die Zeitangaben bszeichnen den Moment des Hineinbringens in das Kalorimeter.

Hierauf gehen wir zur Betrachtung folgender Versuche über. (Als Beispiel führe ich nur die Tabellen einiger Versuche an.)

(Siehe Tabelle II auf S. 330.)

In den Versuchen 5, 6 und 7 wurde der Wärmehaushalt in der Nachperiode untersucht. Die Temperatur des Badewassers war sehr niedrig, 13—14° R oder 16—17,5° C. Dauer des Bades 5 Min. Von den drei Versuchsobjekten bewies Grigorij E...w die gröfste Ausdauer. Merkliches Zittern war bei ihm nur in der letzten Minute seines Aufenthaltes im Bade zu beobachten.

Fedor J...re und Alexander B...w konnten viel weniger vertragen. In der zweiten Hälfte des Bades trat bei ihnen heftiger Schüttelfrost auf, Zähneklappern, nur mit Mühe konnten sie sprechen, der Puls, der anfangs langsamer schlug, wurde zum Schlusse beschleunigt; übrigens war es infolge des heftigen Schauers kaum möglich, ihn zu zählen. Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dafs unmittelbar nach dem Bade fast in allen Fällen ohne Ausnahme die Wärmeabgabe sich verringert. Diese Verringerung der Wärmeabgabe ist so beträchtlich und anhaltend, dafs sogar 2 Stunden nach dem Bade die Wärmeabgabe gewöhnlich unter der Norm ist (s. Versuch Nr. 5 und 6). In diesen Versuchen erweist sich die nach Daten der Rektaltemperatur berechnete Wärmeproduktion nicht nur als verringert, sondern, mathematisch ausgedrückt, als negativ. Die Erklärungen dieser paradox klingenden Erscheinung lassen wir unten folgen. Betrachten wir die Angaben des Thermometers, so können wir in der Nachperiode einen Abfall der Temperatur sowohl in recto als in axilla konstatieren, mit dem Unterschied, dafs das Fallen der Rektaltemperatur langsamer geschieht als das der Axillartemperatur, so dafs jene noch fortfährt zu fallen, wenn letztere schon zu steigen beginnt. Ein ganz anderes Bild bietet sich uns 2—2½ Stunden nach dem Bade. 1. Ist zu dieser Zeit die unmittelbar nach dem Bade erheblich verminderte Wärmeabgabe

Tabelle II. Versuche 5, 6, 7, 10 und 13.

| Nr. des Vers. | Name Alter Wuchs | Vorbedingung der Beobachtung | Gewicht in kg | Wasserdämpfe: Quantität d. ausgesch. W.-Dämpfe in 15 M. in g | Wasserdämpfe: Latente Wärme der Verdunst. | Anzahl der Kalorien nach Angaben des Anemometers | Wärmeabgabe für 1/4 Stunde: Gesamte | Wärmeabgabe für 1/4 Stunde: auf 1000 qcm | Körpertemperatur: in recto | Körpertemperatur: in axilla | Wärmeproduktion für 1/4 Stunde: Gesamte | Wärmeproduktion für 1/4 Stunde: auf 1000 qcm | Wärmeproduktion für 1/4 Stunde: auf 1 kg Gewicht |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 | Theodor J ... ff | | 70,4 | 13,155 | 7,643 | 14,0 | 21,643 | 10,32 | 36,37<br>37,2 | 36,69<br>36,75 | 12,294 | 0,586 | |
| | | Nach d. Bade v. 13—14° R, 16—17° C. Dauer 5 Min. | | 10,08 | 5,85 | 10,0 | 15,85 | 0,7558 | 36,8<br>36,48 | 36,05<br>36,0 | negativ | | |
| | | 1 Std. 35 Min. nach dem Bade | | 9,575 | 5,567 | 10,8 | 16,367 | 0,7717 | 36,83<br>36,83 | 36,125<br>36,3 | 16,367 | 0,7717 | |
| 6 | Alexander B ... ff Subj. Nr. 2 | In nüchternem Zustande vor dem kalten Bade | 76,5 | 11,79 | 6,853 | 12,1 | 18,953 | 0,8549 | 37,39<br>37,36 | 36,42<br>36,42 | 17,048 | 0,7692 | |
| | | Nach dem Bade von 17° C, 13,5° R. Dauer 5 Min. | | 5,37 | 4,197 | 10,9 | 15,097 | 0,7218 | 37<br>36,65 | 35,7<br>36,92 | 7,123 | | |
| | | 1 Std. 35 Min. nach dem kalten Bade | | 9,85 | 5,7 | 11,85 | 17,55 | 0,7935 | 36,51<br>36,5 | 36,1<br>36,15 | 16,919 | 0,7650 | |
| 7 | Gregor Je ... ff | Schlief gegen Ende des Versuches im Apparat ein | 62 | 11,53 | 6,692 | 11,95 | 18,642 | 0,9674 | 37,14<br>37,14 | 36,76<br>— | 18,642 | 0,9674 | 0,301 |
| | | Nach dem Bade von 14° R, 17,5° C. Dauer 5 Min. | | 6,937 | 4,035 | 12,25 | 16,285 | 0,8454 | 36,9<br>36,825 | 35,65<br>35,65 | 12,425 | 0,6451 | 0,2 |
| | | 1 Std. 35 Min. nach dem Bade | 62,55 | 10,09 | 5,87 | 12,8 | 18,67 | 0,9633 | 37,28<br>37,4 | 36,4<br>36,3 | 24,9 | 1,285 | 0,398 |
| 10 | K ... n, 24 Jahre alt, 154 cm, Bauer | | 56,5 | 11,74 | 6,815 | 16,6 | 23,41 | 1,288 | 37,43<br>37,28 | 37<br>37,28 | 16,34 | 0,899 | 0,289 |
| | | Nach dem Bade von 23° R, 29° C und 14 Min. Dauer | | 10,75 | 6,248 | 14,2 | 20,45 | 1,125 | 36,95<br>36,86 | 36,59<br>36,54 | 16,21 | 0,8919 | 0,287 |
| | | 1 Std. 56 Min. nach dem Bade | 57,0 | 11,78 | 6,843 | 15,4 | 22,243 | 1,234 | 37,1<br>37,05 | 36,88<br>36,78 | 20,064 | 1,104 | 0,352 |
| 13 | Anton P.. ff, 26 Jahre alt, 177 cm, Bauer | | 65,5 | 10,6 | 6,158 | 16 | 22,16 | 1,109 | 37,3<br>37,25 | 36,12<br>37 | 19,44 | 0,9727 | 0,297 |
| | | Nach dem Bade von 23° R (29° C). 11 Min. | | 10,11 | 5,873 | 12,7 | 18,57 | 0,9291 | 37,28<br>37,32 | 36,4<br>36,5 | 20,74 | 1,038 | 0,314 |

wiederum gestiegen und, wie wir im Versuch Nr. 7 sehen, sogar höher als sie vorher war. In allen Regionen des Körpers steigt die Temperatur, in der Achselhöhle stärker als in recto. Die nach Daten der Rektaltemperatur berechnete Wärmeproduktion ist nun viel höher als die Wärmeproduktion vor dem Bade (was im Versuch Nr. 7, wo die dritte Untersuchung viel später ausgeführt wurde als in den vorhergehenden Versuchen, besonders bemerkbar ist). Nicht ohne Interesse sind auch die Daten in bezug auf die Wasserverdunstung. Nach kalten Bädern vermindert sich dieselbe und zwar recht erheblich. (In Versuch Nr. 6 um mehr als 50%.) Sogar nach 2½ Stunden nach dem Bade ist diese Verringerung der Dämpfeausscheidung bemerkbar. Die gleichen Erscheinungen lassen sich im Organismus nach einem Bad von 20° R (25° C) und 10 Min. Dauer, auch nach einem Bade von 23—24° R (29° C) und 13—14 Min. Dauer (s. Versuch 8) beobachten.

Der Unterschied in der Wirkung dieser Bäder ist nur ein quantitativer, und zwar ist der Effekt des 23gradigen Bades von 13—14 Min. Dauer schwächer als der Effekt des 20gradigen Bades von 10 Min. Dauer und viel geringer als der eines 5 Minutenbades von 13—14° R.

Wir verweisen ferner auf Versuch Nr. 13. Dem Anton P...w wurde ein 23gradiges Bad von 11 Min. Dauer verabreicht. Es schien ihm viel wärmer als ein gleichtemperiertes im Fieber (er hatte Typhus durchgemacht). Die Veränderungen in der Wasserverdunstung und der Wärmeabgabe unmittelbar nach dem Bade sind unbedeutend. Nach einem geringen Sinken in der Nachperiode begann die Rektaltemperatur rasch zu steigen und war 50 Min. nach dem Bade höher als vorher. Die Wärmeproduktion war also beträchtlich gestiegen.

Die kurzen Bäder hatten gewöhnlich eine Temperatur von 13° R (16° C) und dauerten 1½ Min. Trotz der geringen Dauer erzielten sie einen sehr bedeutenden Effekt. Jedenfalls war derselbe gröfser als der Effekt der Wannenbäder von 23° R und 13 Min. Dauer (s. Tabelle III, Versuch 17).

Tabelle III.

**Versuch 17.**

| Nr. des Versuchs | Name Alter Wuchs | Vorbedingung des Versuchs | Gewicht in kg | Wasserdampf | | Anzahl der Kalorien nach Angabe des Anemometers | Wärmeabgabe für $^1/_4$ Stunde | | Körpertemperatur | | Wärmeproduktion für $^1/_4$ Stunde | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Quantit. der ausgeschied. Dämpfe für 15 Min. in g | Latente Wärme der Verdunstung | | Gesamte | auf 1000 qcm | in recto | in axilla | Gesamte | auf 1000 qcm | auf 1 kg Gewicht |
| 17 | | | 73,235 | 17,23 | 10,05 | 12,2 | 22,25 | 0,9842 | 37,12<br>37,0 | 36,715<br>36,7 | 14,45 | 0,6392 | 0,183 |
| | Alex. B . . w Wärter | Nach ein. Bad von $1^1/_2$ Min. u. 13° C | | 13,92 | 8,089 | 10,1 | 18,189 | 0,8046 | 37,25<br>36,94 | 36,08<br>37,57 | 2,08 | 0,026 | 0,092 |
| | | $1^1/_2$ Std. nach dem Bade | | 14,35 | 8,339 | 11,6 | 19,939 | 0,882 | 37,12<br>37,09 | 36,4<br>36,27 | 17,9 | 0,79 | 0,227 |

Die dabei beobachteten Veränderungen im Wärmehaushalt und der Wasserverdunstung sind von gleicher Art wie bei den vorhergehenden kalten Bädern. Auffallend ist die in allen Fällen deutlich hervortretende Steigerung der Wärmeproduktion, die gegen Ende der zweiten Stunde der Nachperiode beobachtet wird.

Gleichzeitig mit den Wannenbädern wollen wir auch die Angaben, welche die Wirkung kalter Duschen auf den Wärmehaushalt bezeichnen, besprechen. Bei dem heutigen Stand der Hydrotherapie bürgern sich Duschen verschiedener Art immer mehr in der Praxis der Hydrotherapeuten ein. An und für sich stellen sie eine Form der Wasserapplikation vor, wo zu der Wirkung des thermischen Agens noch die des mechanischen Reizes hinzukommt. Aufserdem sind die Duschen jene hydriatische Prozedur, nach welcher die sog. Reaktion am leichtesten eintritt. Diese Reaktion besteht in einer eigentümlichen Wärmeempfindung im ganzen Körper unmittelbar nach oder selbst während der Anwendung der kalten Prozedur. Das subjektive Befinden des Kranken bessert sich, es tritt eine gehobene Stimmung ein, verbunden mit dem Gefühl der Behaglichkeit. Eines der wichtigsten objektiven Kennzeichen der Reaktion bietet die

Färbung der Haut; sie ist rosig und zart. Eine bläulich-rote Färbung, blasse Cutis anserina deuten auf das Fehlen der Reaktion hin. Obwohl alle Therapeuten darin einig sind, dafs die Reaktion eine unerläfsliche Bedingung der nützlichen Wirkung jeder hydropathischen Prozedur ist, kann man nicht behaupten, dafs wir die Ursachen und Erscheinungen derselben hinlänglich kennen. Wir wissen aber, dafs mechanische Reizungen der Haut und aktive Bewegungen von seiten des Kranken zu den besten Mitteln gehören, um das Eintreten der Reaktion zu beschleunigen. Bei der Untersuchung des Wärmehaushalts nach Anwendung von Duschen beabsichtigte ich, einerseits den Einflufs des mechanischen Reizes auf die Haut zu erforschen, anderseits wenn möglich zu erfahren, ob das Eintreten der Reaktion nicht mit irgendwelchen Veränderungen im Wärmehaushalt im Zusammenhang stände. Um die Wirkung eines mechanischen Reizes auf den Körper zu erforschen, müssen wir vor allen Dingen im Besitze einer genauen Methode zur Messung der Kraft des Agens sein. Bei der Anwendung von Duschen als mechanischen Reizmitteln mufs der Wasserdruck angegeben werden. Dabei scheint mir, dafs die übliche Methode den Druck der Dusche nach den Angaben des Anemometers am Mischer zu beurteilen recht unzureichend ist. Nehmen wir z. B. die bewegliche Dusche (Douche mobile); ihr Strahl mufs, nachdem er aus dem Mischer herausströmt, auf dem Wege eine Reihe von Hindernissen überwinden. Noch vor dem Kautschukansatz mufs er einige, manchmal mehrfach gebogene Röhren passieren, und wenn er diesen Ansatz durchlaufen hat und an dem Endstück anlangt, hat er einen um so gröfseren Widerstand zu überwinden, je enger die Mündung der Dusche ist. Dem beim Verlassen des Endstücks erheblich geschwächten Strahl treten noch weitere Hindernisse entgegen. Seine horizontale Stofskraft wird durch den Widerstand der Luft stark beeinträchtigt. Dieser Widerstand wird um so gröfser, je mehr sich der Strahl ausbreitet.

Ein ungünstiges Moment ist für ihn ferner die Schwerkraft. Offenbar wirkt die mechanische Kraft der Dusche um so schwächer, je weiter der zu Duschierende vom Endstück der Dusche sich

befindet. Es ist also eine Reihe von Momenten vorhanden, von denen der Wasserdruck abhängt. Das Vorkommen und die Bedeutung desselben differieren in aufserordentlichem Mafse, nichtsdestoweniger wird ihre Wirkung vom Manometer nicht angegeben. Aus diesem Grunde ist für uns nicht der Druck wichtig, der am Mischapparat an der Dusche besteht, sondern derjenige, den der Duschierte empfindet. So viel ich weifs, ging man bisher beim Messen des Wasserdruckes der Duschen nicht von diesem Gesichtspunkte aus und, wie ich glaube, hauptsächlich deshalb, weil es keinen entsprechenden Apparat gibt. Dieser Umstand bewog mich, die Messungen des Duschendruckes an der Applikationsstelle am Körper mittels einer leicht ausführbaren, unkomplizierten Methode vorzunehmen. Zur Messung des Druckes der douche mobile mufste ein besonderer Apparat, eine dynamische Wage, gebraucht werden, der in den Mitteilungen der Kaiserlichen Militär-Medizinischen Akademie vom Jahre 1901 beschrieben ist. Der Druck der herabstürzenden Regendusche wird mit Hilfe einer gewöhnlichen Wage gemessen, deren eine Schale durch eine flache Scheibe von bestimmtem Durchmesser ersetzt ist. Die Wage wurde ungefähr in der Höhe der Rückenmitte eines Menschen, 125 cm über dem Boden, und in einer Entfernung von 100 cm vom Brausekopf der Dusche aufgestellt, der an Stelle der Wage fixierte Diskus direkt unter den Brausekopf gestellt, die andere Schale dagegen vor den Wasserstrahlen sorgfältig verdeckt. Auf solche unkomplizierte Weise wurde der Druck verschiedener Wasserduschen an ihrer Applikationsstelle am Körper gemessen. Zuerst wurde der Gesamtdruck auf den Körper festgestellt und hernach behufs Vergleichung für 1 qcm berechnet. Die Ergebnisse der Messungen sind in den Tabellen angeführt (siehe dieselben), denen wir die notwendigen Daten entnehmen.

Ich glaube, hier einige Erklärungen in bezug auf die Methode der Versuche mit Duschen einschalten zu müssen. Während das Versuchsobjekt sich im kurzen kalten Bad befand, führte es keine heftigen Bewegungen aus, wurde auch nicht frottiert. Nach dem Bad rieb man es leicht ab, um die Haut abzutrocknen, und brachte es, in eine Decke gehüllt, in das Kalorimeter.

Anders wurde in den Versuchen mit Duschen verfahren. Während der ganzen Dauer der Prozedur mufste der Patient energische Bewegungen ausführen. Unmittelbar nach der Dusche durfte er sich selbst abreiben, wobei ihm der Diener behilflich war. Darauf begab er sich im Unterkleide, über welches er einen Kittel zog, eilig aus der Wasserheilanstalt in den Raum, wo das Kalorimeter aufgestellt war.

Unsere Versuche mit der Dusche glauben wir in zwei Gruppen einteilen zu müssen. Zur ersten gehören die Versuche, in welchen während der Anwendung der Duschen und nachher die Kennzeichen einer ausgiebigen Reaktion deutlich hervortraten. Es sind das die Versuche Nr. 19, 20, 22. Die Versuche 20 und 22 wurden mit gleichartigen Duschen ausgeführt — Regenduschen von gleich hohem Druck (siehe Tabelle IV auf S. 336).

Der Wasserdruck betrug nach dem Manometer am Mischapparat 45 Pfd. auf 1 Quadratzoll oder entsprach einer Wassersäule von 28,5 m auf 1 qcm. Der Druck an der Applikationsstelle am Kranken — nach unserer Bezeichnung — der wahre Druck ist hier erheblich schwächer. Gemessen auf die oben angegebene Weise entspricht er einer Wassersäule von 0,018 m auf 1 qcm. Der Gesamtdruck dieser Dusche auf den Körper des Patienten beziffert sich auf 690 g; im Versuch Nr. 22 wurde die Wirkung der Douche mobile gleichfalls bei hohem Druck untersucht. Die Form des Strahls war die eines zusammengeprefsten Fächers, dessen Breite im Abstand von 2,5 m vom Endstück der halben Höhe eines Menschen gleichkam. Seine Kraft, die nach dem Manometer 45 Pfd. Druck oder 28,5 m entsprach, beträgt an der Applikationsstelle im Abstand von 2,5 m vom Endstück nur 0,164 m. Der Wasserdruck in den Versuchen Nr. 23 und 24 war gering — der gewöhnliche Druck der Wasserleitung. Nach dem Manometer belief er sich auf 15 bis 20 Pfd.

Aus den erhaltenen Daten heben wir nachstehende hervor.

In den Versuchen, in denen das Eintreten der Reaktion deutlich wahrzunehmen war, konnten wir nach der Dusche einen sehr unbeträchtlichen Abfall der Wärmeabgabe konstatieren. Die Axillartemperatur sinkt sofort nach der Prozedur, wobei der

Tabelle IV. Versuche 19, 20, 22, 23 und 24.

| Nr. d. Vers. | Name Alter Wuchs | Bedingungen der Beobachtung | Gewicht in kg | Wasserdämpfe: Quantit. d. ausgesch. Dämpfe für 15 Min. in g | Wasserdämpfe: Latente Wärme der Verdunst. | Anzahl d. Kal nach Angabe d. Anemometers | Wärmeabgabe in 1/4 Std.: Gesamte | Wärmeabgabe in 1/4 Std.: auf 1000 qcm | Körpertemperatur: in recto | Körpertemperatur: in axilla | Wärmeproduktion in 1/4 Std: Gesamte | Wärmeproduktion in 1/4 Std: auf 1000 qcm | Wärmeproduktion in 1/4 Std: auf 1 kg Gew. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19 | Gregor L..ff Subj. Nr. 3 | | 61,8 | 9,664 | 5,617 | 13,75 | 19,37 | 1,007 | 37,14<br>37,14 | 36,2<br>36,2 | 19,37 | 1,007 | 0,313 |
| | | Regendusche v. 25 Pfd Druck 9,5 Min. nach d. Manomet. 12–10° R (15–12,5° C) unter d. Dusche starke Bewegung | | 8,965 | 5,210 | 12,15 | 17,36 | 0,8962 | 36,95<br>37,075 | 36,05<br>35,85 | 23,84 | 1,231 | 0,386 |
| | | 1 1/2 Stunden nach der Dusche | 62,5 | 9,330 | 5,423 | 13,65 | 19,07 | 0,9843 | 37,41<br>37,38 | 36,45<br>36,0 | 17,51 | 0,9039 | 0,28 |
| 20 | Theod. F..ff, Hosp.-Diener Subj. Nr. 4 | Vor der kalten Dusche | 54,8 | 12,56 | 7,3 | 13,55 | 20,85 | 1,175 | 37,07<br>37,0 | 36,38<br>36,18 | 16,87 | 0,947 | 0,308 |
| | | Nach einer Regendusche v. 13° R (16° C) u. 1 1/2 Min. Druck n. d. Manom. 45 Pfd. od. 28,5 m. Wahrer Druck 0,018 m auf d. qcm. Gesamtdruck auf d. Körp. 690 Pfd. | | 12,65 | 7,4 | 11,8 | 19,66 | 1,080 | 36,46<br>36,46 | 36,02<br>35,86 | 19,16 | 1,080 | 0,35 |
| | | 1 1/2 Stunden nach der Dusche | 54,8 | 9,291 | 5,4 | 13,2 | 18,6 | 1,048 | 36,72<br>36,6 | 36,3<br>36,23 | 13,14 | 0,7404 | 0,24 |
| 22 | Theod. J..ff Subj. Nr. 1 | Vor der Dusche | 71,2 | 16,01 | 9,3 | 15,1 | 24,4 | 1,115 | 37,4<br>37,3 | 36,95<br>36,63 | 21,35 | 1,010 | 0,3 |
| | | Nach ein. Dusche v. 13° R (16° C). Dauer 1 1/2 Min. Druck nach d. Manom. 45 Pfd. Wahrer Druck 0,018 m auf 1 qcm. Gesamtdruck auf den Körper 690 Pfd. | 71,05 | 16,61 | 9,652 | 9,8 | 20,8 | 0,9858 | | | | | |
| 23 | Alex. B..ff, Wärter | In nüchternem Zustand | 79,2 | 15,3 | 8,888 | 11,37 | 20,26 | 0,8728 | 37,34<br>37,1 | 36,58<br>36,41 | 4,78 | 0,1975 | 0,08 |
| | | Nach einer Regendusche von 13° R. Dauer 2 Min. unter d. gewöhnl. Druck der Wasserleitung | | 11,06 | 6,435 | 10,51 | 16,94 | 0,7468 | 36,95<br>36,44 | 35,49<br>35,89 | 4,78 | 0,1975 | |
| | | 1 1/2 Stunden nach der Dusche | | 12,82 | 7,453 | 11,1 | 18,6 | 0,8199 | 36,8<br>36,56 | 36,1<br>36 | 2,8 | | |
| 24 | Theod. J..ff, Hosp.-Diener Subj. Nr. 1 | | 70,55 | 13,51 | 7,85 | 14,3 | 22,15 | | 37,34<br>37,3 | 36,75<br>36,6 | 19,808 | 0,9432 | |
| | | Nach ein. Dusche v. 13° R. Dauer 1 1/2 M. unter d. gewöhnl. Druck d. Wasserleit. | 70,55 | 13,46 | 7,8 | 12 | 19,82 | 0,9446 | 36,78<br>36,98 | 36,5<br>36,4 | 31,51 | 1,502 | 0,446 |

Abfall sich merklicher äufsert als bei den Bädern von kurzer Dauer. Dagegen geht in der Nachperiode die Rückkehr der Axillartemperatur zur Norm etwas rascher von statten als nach kurzen kalten Bädern von gleicher Temperatur. Was die Rektaltemperatur betrifft, so ist sie in den meisten Fällen nach der Dusche höher als während der Ruhezeit im Kalorimeter. Diese Tatsache kann man auch nach den kurzen kalten Bädern beobachten. Eine halbe Stunde nach der Dusche fällt die Temperatur in recto, doch nach $^3/_4$ Stunden hört dies Fallen auf und die Temperatur beginnt wieder zu steigen. Bei dem Eintreten einer ausgiebigen Reaktion finden wir an der Hand der Daten der Rektaltemperatur für die Periode zwischen der 30. und 40. Minute nach dem Bad, dafs die Wärmeproduktion nicht herabgesetzt, wie man es bei gewöhnlichen kalten Wannenbädern beobachtet, sondern merklich gesteigert ist.

Von grofsem Interesse sind die Daten bezüglich der Wasserverdunstung. In allen vorhergehenden Versuchen mit kalten und kühlen Bädern konnten wir beständig die gleiche Erscheinung beobachten. Die Menge der Wasserverdunstung war in der Nachperiode verringert. Bei intensiver Abkühlung betrug diese Verminderung mitunter über 50%. Ja noch mehr, selbst nach 2—3$^1/_2$ Stunden, wenn die Körpertemperatur schon zur Norm zurückkehrte und die Produktion sie sogar überschritten hatte, erreichte die Wasserverdunstung noch immer nicht ihre frühere Gröfse. Ein ganz anderes Bild sehen wir in den Versuchen, wo das Eintreten der hydropathischen Reaktion unzweifelhaft ist. In diesen Versuchen ist die Menge der nach der Dusche ausgeschiedenen Dämpfe nicht nur nicht verringert, sondern sogar vermehrt.

Wenn die Dusche ohne Druck angewendet wird, wie in Versuch Nr. 23, so treten dieselben Erscheinungen auf wie nach kurzen kalten Bädern. In Versuch Nr. 19 ist die mechanische Wirkung der Dusche vollständig durch energische Bewegungen des Versuchsobjektes und Abreibung kompensiert worden.

Es erfolgte eine recht ausgiebige Reaktion. Etwas abseits von anderen Versuchen steht Nr. 24. Infolge einer Beschädigung

des Duschapparates war das Versuchsobjekt Nr. 1 während der ganzen Dusche nur schwachen und dabei spärlichen Strahlen ausgesetzt. Das Resultat war absolutes Ausbleiben der Reaktion unter der Dusche, das Subjekt fror sehr stark, wurde am ganzen Körper blau und begann heftig zu zittern. Dieses Zittern hielt im Kalorimeter an und nahm anfangs sogar etwas zu. Im Resultat ergab sich ein rasches Ansteigen der Temperatur und eine exzessive Wärmeproduktion in den ersten 45 Minuten nach dem Bade.

Gestützt zum Teil auf Daten aus der einschlägigen Literatur, hauptsächlich aber auf meine eigenen Versuche, erlaube ich mir, nachstehende Schlufsfolgerungen betreffs der Wirkung kalter hydriatischer Prozeduren auf den Wärmehaushalt zu ziehen.

Während der Anwendung kalter Prozeduren, z. B. kalter Wannenbäder und aller Wahrscheinlichkeit nach auch kalter Duschen sind die Wärmeverluste des menschlichen Organismus gesteigert auf Kosten einer Erhöhung der Wärmeproduktion. Zu diesem Schlufs führen uns die zahlreichen Untersuchungen vieler früheren Autoren. Unsere zwar in geringerer Zahl ausgeführten, jedoch vollkommen übereinstimmenden eigenen Versuche bestätigen das Gesagte. In den Veränderungen des Wärmehaushaltes nach kalten Prozeduren hat man zwei Hauptperioden zu unterscheiden. Die erste beginnt unmittelbar nach der Prozedur.

Ihre wichtigsten Merkmale sind die folgenden: die Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung ist (ausnahmslos in allen Versuchen) nach kalten Bädern und Duschen herabgesetzt im Vergleich mit der Wärmeabgabe vor dem Bade. Diese Verringerung steht im umgekehrten Verhältnis zur Intensität der reaktiven Vorgänge. Die Wasserverdunstung ist im Stadium der primären Nachwirkung vermindert, jedoch im Fall einer ausgiebigen Reaktion kann man nicht nur keine Abnahme der Verdunstungen wahrnehmen, sondern es ist sogar eine Steigerung zu konstatieren. Die Wärmeproduktion ist in der Periode der primären Nach-

wirkung erheblich vermindert, nicht selten erweist sie sich nach sehr kalten Prozeduren als negative Gröfse. Die Abnahme der Wärmeproduktion steht in direktem Zusammenhange mit dem Grad der Abkühlung.

In der Periode der primären Nachwirkung ist ein Sinken der Körpertemperatur sowohl in recto als in axila zu beobachten. Die Dauer der Periode der primären Nachwirkung hängt

1. von dem Grad der Abkühlung und
2. vom Kräftezustande des Organismus und seiner Gewöhnung an Kälte ab. So bemerken wir nach kalten Bädern von 13° und 5 Min. Dauer die für diese Periode charakteristischen Merkmale noch zwei Stunden nach der Prozedur. Jedoch wenn die hydropathische Reaktion prompt eintritt, kann man diese Periode nur schwer beobachten, oder sie fehlt vollständig.

Am protrahiertesten kommt die Wirkung der primären Nachperiode in der Temperatur zur Geltung. Die Periode der sekundären Nachwirkung tritt viel schwächer als die erste hervor. Die Hauptmerkmale derselben sind, soweit wir aus unseren Daten urteilen können, die folgenden:

Die Wärmeabgabe erreicht allmählich steigend ihre frühere Gröfse, sie mitunter überschreitend.

Langsamer geht die Zunahme der Wasserverdunstung von statten. Wärmeproduktion und Körpertemperatur stellen sich in den Fällen, wo die Periode der sekundären Nachwirkung deutlich nachzuweisen ist, auf höhere Ziffern als vor dem Bade. Wie lange diese Periode der sekundären Nachwirkung dauert, und wie sich der Wärmehaushalt nachher im Organismus verhält, kann ich auf Grund meiner Versuche nicht beurteilen. Vielleicht hat Jürgensen recht, wenn er behauptet, dafs nach der sekundären Wiedererwärmung des Organismus eine neue Abkühlungsperiode eintritt.

Wie sind also die von uns beschriebenen Schwankungen im Wärmehaushalt aufzufassen? Was die Periode des Bades anbelangt, so kann man wohl kaum bezweifeln, dafs der Organismus aktiv am Kampf mit der Abkühlung beteiligt ist und dabei alle seine Kräfte zur Erzeugung von Wärme anspannt. Zittern und Schüttelfrost in dieser Periode sind auch Mittel, zu denen der Organismus zum Zweck der Selbstverteidigung greift. Derselbe bringt seine Muskeln in den Zustand fortwährender Kontraktion, woraus ihm eine mächtige Wärmequelle erwächst. Doch nun hört die Wirkung des kalten Bades auf. Der Kampf wird eingestellt, es bedarf keines neuen Aufwandes von Kräften mehr. Der Organismus verläfst das kalte Bad und sieht sich in ein neues Medium versetzt — die Zimmerluft von gewöhnlicher Temperatur. Am Kontrast erkennt er, dafs dieses Medium warm ist, dafs er daher auf dessen Erwärmung keine Energie zu verwenden braucht, und vermindert zunächst seine Wärmeabgabe. Nach kalten Bädern beobachtet man ein Sinken der Temperatur in allen Partien des Körpers, dabei fällt aber die Axillartemperatur tiefer als die Rektaltemperatur. Nach einiger Zeit beginnt die Temperatur in axilla zu steigen, während die Rektaltemperatur noch immer im Fallen begriffen ist.

Diese Erscheinung ist dadurch zu erklären, dafs das Blut der inneren Organe, durch die stark abgekühlten peripheren Teile des Körpers (Extremitäten) strömend, ihnen die eigene Wärme abgibt. Abgekühlt, kehrt es zu der zentralen Partie zurück und bewirkt dort ein Fallen der Temperatur. Die Wärmeproduktion zeigt nach unserer Erfahrung nach der Abkühlung einen erheblichen Rückgang. Mitunter wird sie sogar zur negativen Gröfse. Es hat den Anschein, als ob in diesen Fällen eine Absorption der Wärme vorläge, wobei dieselbe latent würde.

Gewifs sind solche Vorgänge für den Organismus denkbar, jedoch bisher haben wir keinen hinlänglichen Grund für die Annahme, dafs sie im vorliegenden Falle stattfinden. Die obige Tatsache kann man leicht erklären, wenn man die Formel betrachtet, nach der die Bestimmung der Wärmeproduktion geschieht. In dieser Formel ist die Wärmemenge, welche dem

Organismus durch Abfall der Rektaltemperatur verloren geht, mit dem Zeichen »Minus« enthalten, da man annimmt, dafs diese Wärmemenge an die Umgebung abgegeben wird. In Wirklichkeit wird mindestens ein Teil dieses Wärmeverlustes zur Erwärmung der peripheren Partien verbraucht und bleibt auf diese Weise dem Organismus erhalten. Die nach der Formel berechnete Wärmeproduktion ist also geringer als die tatsächliche. Der Unterschied, den wir in der Wirkung prolongierter kalter Wannenbäder und kurzer kalter Prozeduren (hauptsächlich Duschen) in der Form, wie sie in der Hydrotherapie zur Anwendung kommen, beobachten, findet folgende Erklärung: »Man unterscheidet in der Wirkung des thermischen Agens zwei Momente: Einen Temperaturreiz und eine direkte Übergabe oder Entziehung von Wärme. Je anhaltender die Wirkung des thermischen Agens, desto mehr betätigt es sich als Vermittler von Kälte oder Wärme, je kürzer sie ist, desto stärker seine Rolle als Reiz«. (M. W. Janowski, Allg. Therapie. Seite 65.)

## Heifse und warme Prozeduren.

Die Wirkung heifser und warmer Prozeduren auf den Wärmehaushalt ist noch weniger erforscht als die Wirkung der kalten. Die Versuche, welche zu diesem Zweck mit dem Wannenkalorimeter angestellt wurden, führten nicht zu hinlänglich genauen Resultaten. Es liegt das erstens am Organismus selbst, welcher der Prozedur unterzogen wurde, zweitens am Mangel einer passenden Methode. Während des Bades ist die Wärmeabgabe des Organismus erschwert, und daher mufs seine Temperatur steigen.

Anderseits wendet es alle ihm zu Gebote stehenden Mittel an, um seine Temperatur zu behaupten.

Da gewöhnlich nicht der ganze Körper ins Wasser getaucht wird, sondern gewisse Partien (Kopf, Hals) aufserhalb desselben bleiben, so gibt der Organismus auf dem Wege der Schweifsabsonderung und Erweiterung der Hautgefäfse dieser Partien einen Teil der in ihnen sich anhäufenden Wärme ab.

Aufserdem nimmt nach der Ansicht sehr vieler Autoren während der Erwärmung des menschlichen Körpers der Wasser-

und Wärmeverlust von der Oberfläche der Respirationsorgane infolge der gesteigerten Frequenz der Atemzüge zu.

Nach Wick[1]) verliert der Mensch im heifsen Bad nicht die Fähigkeit, durch Schweifsabsonderung von der Oberfläche der ins Wasser getauchten Körperpartien Wärme abzugeben. Wick berechnet sogar diese Wärmemenge in Kalorien. Wie dem auch sei, auf diese oder jene Weise sucht der Organismus sich des Überschusses an Wärme zu entledigen, was ihm auch bis zu einem gewissen Grade gelingt.

In den Versuchen Nr. 25, 26, 27, 28 wurden die heifsen Bäder im Wannenkalorimeter verabreicht (siehe Tabelle V S. **343**).

Aus den oben erwähnten Gründen konnten bei der Untersuchung des Wärmewechsels in sehr heifsen Bädern keine besonders genauen Resultate erzielt werden. Nichtsdestoweniger verdienen dieselben in mancher Hinsicht Beachtung. Zwei Versuche, Nr. 25 und 26, wurden bei sehr ähnlichen Bedingungen durchgeführt. Die Bäder hatten gleiche Temperatur und Dauer und wurden ein und derselben Person verabreicht. Fedor F . . . w. (Subjekt Nr. 4) ist klein gewachsen und findet im Bade sehr tief Platz, so dafs das Wasser ihm bis ans Kinn reicht. Bei solchen Bedingungen durfte man sehr genaue und übereinstimmende Resultate erwarten. Wirklich kamen die Wärmeabgaben des Bades an den Menschen in diesem und jenem Fall einander sehr nahe. Bei einer Wärmeabgabe von 26,7 Kalorien wurde Fedor F. um 0,7° erwärmt, und im 2. Bad stieg seine Axillartemperatur bei einer Wärmeabgabe von 30,75 Kalorien um 0,86°.

Um den Organismus um 0,7° zu erwärmen, mufs man ihm eine Wärmemenge von $(0{,}83 \cdot 56{,}0 \cdot 0{,}7) = 32{,}536$ Kalorien zuführen, während das Bad in Wirklichkeit blofs 26,7 Kalorien abgab. Dasselbe wiederholt sich im zweiten Versuch. Das Bad führte dem Organismus 30,75 Kalorien zu, während aus der Berechnung hervorgeht, dafs der Organismus um 37,32 Kalorien erwärmt wurde. Wenn man zu 26,7 Kalorien und 37,32 Kalorien

1) Wick, »Über die physiol. Wirkungen verschiedener warmer Bäder und über das Verhalten der Eigenwärme.« Allgem. Beiträge z. klin. Med. u. Chirurg., I.

Tabelle V. **Versuche 25, 26, 27 und 28.**

| Nr. d. Vers. | Name Alter Wuchs | Bedingungen der Beobachtung | Gewicht in kg | Wasserdämpfe | | Anzahl d. Kal nach Angabe d Anemometers | Wärmeabgabe für 1/4 Std. | | Körpertemperatur | | Wärmeproduktion für 1/4 Std | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Quantit. d ausgesch. Dämpf 15M. | Latente Wärme der Verdunst | | Gesamte | auf 1000 qcm | in recto | in axilla | Gesamte | auf 1000 qcm | auf 1 kg Gew. |
| 25 | F...ff Subj. Nr. 4 | | 56,1 | 10,86 | 6,207 | 13,85 | 20,16 | 1,118 | 37,1<br>36,8 | 36,7<br>36,9 | 6,19 | 0,3434 | 0,11 |
| | | | | | Bad in einem Wannenkalorimeter von 39° C (31° R) und 15 Min. Dauer.<br>Wärmeabgabe des Bades an den Menschen 26,7 Kal. in 15 Min.<br>Gewicht vor dem Versuch 53,5<br>» nach » » 53,2<br>Körpertemp. vor » » 36,5 in axilla<br>am Ende des Versuchs 37,2 » »<br>Die Erwärmung des Organ. um 0,7° C = 30,75 Kal. | | | | | | | | |
| | | 20 Min. nach dem Bade von 31° R (39° C) | 55,95 | 8,648 | 5,024 | 14,4 | 19,42 | 1,079 | 37,1<br>36,9 | 36,55<br>36,7 | 10,13 | 0,5630 | 0,198 |
| 26 | F...ff Subj. Nr. 4 | | | | Bad von 39°. 15 Min. Wärmeabgabe des Menschen an das Bad 30,75 Kal. in 15 Min.<br>Gewicht vor dem Versuch 53<br>» nach » » 52,8<br>Körpertemp. vor » » 36,15<br>» nach » » 37,0<br>Die Erwärmung des Körpers um 0,85° = 37,32 Kal. | | | | | | | | |
| 27 | F...ff Subj. Nr. 1 | | 66,2 | 8,059 | 5,895 | 18,85 | 24,74 | 1,229 | 37,09<br>37,05 | 36,54<br>36,72 | 22,54 | 1,120 | 0,4 |
| | | | | | Bad von 43,65—42,5° C. Wärmeabgabe des Bades an den Menschen 98,25 Kal.<br>Körpertemp. vor dem Versuch 37,32<br>» nach » » 38,43<br>Erwärmung des Körpers um 1,11° = 61,451 Kal. | | | | | | | | |
| | | | 66,2 | 21,97 | 12,76 | 17,8 | 30,56 | 1,518 | 37,5<br>37,33 | 37,15<br>37,66 | 21,22 | 1,054 | 0,32 |
| | | | 67,2 | 10,4 | 6,041 | 17,9 | 23,54 | 1,177 | 37,33<br>37,25 | 36,79<br>36,5 | 17,25 | 0,8485 | 0,268 |
| 28 | J...ff Subj. Nr. 1 | | 66 | 11,39 | 6,618 | 16,85 | 23,47 | 1,169 | 37,3<br>37,1 | 36,85<br>36,55 | 12,51 | 0,6023 | 0,19 |
| | | | | | Bad im Wannenkalorimeter von 38,9° C (31° R). 15 Min.<br>Wärmeabgabe des Menschen an das Bad 35,7 Kal.<br>Körpertemp. vor dem Versuch 36,75<br>» am Ende d. Versuchs 36,975<br>Die Erwärmung des Kranken um 0,225° C = 12,343 Kal. | | | | | | | | |
| | | | 65,9 | 13,5 | 7,84 | 15,7 | 23,54 | 1,173 | 37,25<br>37,1 | 36,75<br>36,8 | 15,34 | 0,7644 | 0,23 |

die Wärmemenge hinzuaddieren will, welche während des Versuches von dem nicht eingetauchten Teil des Kopfes und der Oberfläche der Lungen (nach Liebermeister und Kernig 0,3 Kalorien in der Sekunde) abgegeben wird, werden die Erwärmungswerte des Körpers noch gröfser. Diese überschüssige Wärmeanhäufung läfst sich nicht anders erklären als durch Steigerung der Wärmeproduktion. Die aus dem Versuch Nr. 28 erzielten Resultate stimmten mit den obigen nicht überein. Das Bad gab dem Versuchsobjekt Fedor J . . . w 34,2 Kalorien, der Körper wurde aber nur um 12,343 Kalorien erwärmt. Dieser Widerspruch zu den früheren Ergebnissen ist darauf zurückzuführen, dafs das hochgewachsene Versuchsobjekt im Bad nur bis zur Achselhöhle Platz fand. Durch Steigerung der Wärmeabgabe jener über Wasser bleibenden Partien kompensierte er die Wärmezufuhr aus dem Bade. Auch Versuch Nr. 27 ergab ein nicht übereinstimmendes Resultat. Obgleich der Versuch mit demselben Subjekt angestellt wurde, entsprach die Erwärmung nicht der vom Bad zugeführten Wärmemenge. Die Temperatur des Bades war sehr hoch, seine Dauer geringer als in den ersten Versuchen (10 Min.). Es ist wohl anzunehmen, dafs die erwärmte Peripherie noch nicht Zeit gefunden hatte, dem zentralen Teil ihren Überschufs an Wärme zu übermitteln, und infolgedessen konnten wir eine ungleichmäfsige Verteilung derselben beobachten.

Um die Nachwirkung heifser und warmer Prozeduren auf den Organismus kennen zu lernen, wurden Wannenbäder von 35° (44°) und 10 Min. Dauer, dann Dampfbäder von 40—50° C und heifse Luftbäder von 65—75° C verabreicht.

Betrachten wir zunächst die Ergebnisse nach Wannenbädern. Teils zum Zweck gröfserer Übersichtlichkeit der Darstellung, teils in Anbetracht des verschiedenen Charakters der Erscheinungen, welche bald nach dem Bad (1/2 Stunde später) und nach 2 bis 2 1/2 Stunden auftreten, teilen wir den Zeitraum nach dem Bad in zwei Perioden. Die erste (ungefähr eine halbe Stunde nach dem Bad) ist in folgender Hinsicht bemerkenswert. Die gesamte Wärmeabgabe ist in allen Fällen erheblich gesteigert. Diese

Steigerung hängt hauptsächlich mit der Wasserverdunstung zusammen. Die Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung erfährt nur geringe Veränderung. Meist ist sie höher als die Norm, doch kommen Fälle vor, in denen sie ganz unverändert bleibt. Die Wasserverdunstung ist in dieser Periode immer erheblich gesteigert. Das Anwachsen derselben, mitunter um 2—3 mal, steht offenbar in Beziehung nicht nur zum Grad der Erwärmung des Subjekts, sondern auch zu anderen Ursachen, als zum Beispiel Kräftevorrat des Organismus, seiner Gewöhnung an heifses Wasser, relativer Feuchtigkeit der Zimmerluft usw. Die Körpertemperatur ist 15—20 Min. nach dem Bad etwas niedriger als gegen Ende des Bades. Eine nachträgliche Temperatursteigerung, wie sie andere Autoren beobachtet haben, konnte ich ein einziges Mal konstatieren. Die Differenz in den Temperaturen der Vor- und Nachperiode ist für die Axillartemperatur gröfser als für die Rektaltemperatur. Dieser Umstand läfst sich auf die ungleichmäfsige Verteilung der Wärme zurückführen — letztere häuft sich vorwiegend in den peripheren Partien an.

(Siehe Tabelle VI auf S. 346.)

In bezug auf die Wärmeproduktion stimmten die Daten nicht überein (Tabelle VI), in einigen Versuchen, wie z. B. 29, 30, ist sie bis um 40% vermehrt, in anderen dagegen deutlich verringert. Weitere Versuche (Dampf- und Heifsluftbäder) ergaben, dafs die Verringerung der Wärmeproduktion wahrscheinlich in den Fällen eintritt, wo die zu Untersuchenden durch die Erwärmung ermüdet werden; wir bemerken auch in diesen Fällen in der Nachperiode einen schärfer ausgeprägten und anhaltenderen Rückgang der Körpertemperatur als gewöhnlich. 1½ oder 2 Stunden nach Schlufs des Bades ändert sich das Verhalten des Wärmewechsels. Die gesamte Wärmeabgabe ist im Vergleich mit der ersten Periode erheblich gesunken, jedoch im Vergleich mit der Vorperiode noch immer höher als die Norm. Die Wasserverdunstung ist um diese Zeit schon unter der Norm. Die Körpertemperatur sowohl in axilla als in recto ist oft niedriger als vor dem Bade. In diesem Fall beginnt sie in der letzten Viertelstunde der Beobachtung zu steigen.

**Tabelle VI.**

**Versuche 29, 30 und 32.**

| Nr. d. Versuchs | Name Alter Wuchs | Bedingungen des Versuchs | Gewicht in kg | Wasserdämpfe | | Anzahl d. Kalorien nach Angabe des Anemometers | Wärmeabgabe für 1/4 Stunde | | Körper-temperatur | | Wärmeproduktion für 1/4 Stunde | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Quantit. d. ausgesch. Dämpfe für 15 Min. in g | Latente Wärme d. Verdunstung | | Gesamte | auf 1000 qcm | in recto | in axilla | Gesamte | auf 1000 qcm | auf 1 kg Gewicht |
| 29 | Alex. B . . ff, 27 Jahre, Wärter | | 76,0 | 12,42 | 7,217 | 12,5 | 19,717 | 0,8936 | 37,05<br>36,9 | 36,55<br>36,37 | 10,255 | 0,4645 | 0,135 |
| | | Nach einem heifsen Bade von 35° R. Dauer 10 Min. | 75,5 | 21,45 | 12,465 | 15,7 | 28,165 | 1,276 | 37,34<br>37,12 | 36,7<br>36,58 | 14,295 | 0,648 | 0,189 |
| | | 1 1/2 Stunden nach dem Bade von 35° und 10 Min. | | 12,355 | 7,176 | 14,6 | 21,766 | 0,9912 | 36,85<br>36,88 | 36,45<br>36,38 | 23,656 | 1,076 | 0,313 |
| 30 | Theod. J . . ff, 23 Jahre, Hosp.-Diener | | 70,1 | 13,6 | 7,21 | 14,1 | 22,01 | 1,0525 | 37,3<br>37,08 | 36,33<br>36,49 | 9,21 | 0,4404 | 0,131 |
| | | Nach einem heifsen Bade von 35° R (44° C) und 10 Min. Dauer | 69,5 | 17,23 | 9,561 | 15,55 | 25,111 | 1,208 | 37,28<br>37,07 | 36,69<br>36,55 | 13,0 | 0,6252 | 0,187 |
| | | 1 1/2 Stunden nach dem heifsen Bade | 70,0 | 12,06 | 7,009 | 15,05 | 22,06 | 1,056 | 37,315<br>37,18 | 36,49<br>36,48 | 14,222 | 0,6806 | 0,203 |
| 32 | Theodor F . . ff | | 52,5 | 12,23 | 7,109 | 11,7 | 18,09 | 1,091 | 37,19<br>37,04 | 36,42<br>36,25 | 12,273 | 0,7115 | 0,234 |
| | | Nach dem Bade von 35° R (44° C) und 11 Min. Dauer | 52,1 | 35,17 | 20,43 | 10,6 | 31,03 | 1,8085 | 37,835<br>37,17 | 37,04<br>36,56 | 2,27 | 0,043 | 0,132 |
| | | Nach dem Mittagessen, 1/2 Stunde nach dem Bade | 52,1 | 10,375 | 6,031 | 12,6 | 18,631 | 1,367 | 36.99<br>36,99 | 36,6<br>36,14 | 18,631 | 1,367 | 0,358 |

Die Wärmeproduktion in dieser Periode weist gegenüber der Vorperiode eine Steigerung auf. Die Erhitzung in Wannenbädern wurde mit der Erhitzung in Dampf- und Heifsluftbädern in bezug auf den Wirkungseffekt verglichen. Letztere wurden im besonderen Kasten verabreicht, wobei die Luft mittels eines besonderen elektrischen Wärmers erhitzt, während der Dampf durch Röhren aus dem Kessel geleitet wurde. Die Temperatur der Dampfbäder war 50—55° C. Sie wurden ausgezeichnet vertragen, sogar noch besser als die heifsen Luftbäder bei gleicher Erwärmung der Versuchspersonen. In diesen Fällen kam offenbar die Gewöhnung des russischen Bauern an das russische Bad zur Geltung. Die bei Dampfbädern erzielten Daten (als Beispiele führen wir Versuch Nr. 34, 35 an, Tabelle VII) sind im Grunde genommen dieselben, wie nach heifsen Bädern, der Unterschied dürfte wohl darin bestehen, dafs eine Abnahme der Wärmeproduktion in der Periode der primären Nachwirkung in keinem einzigen Versuch zu konstatieren war. Nach dem Ansteigen während des Bades beginnt die Körpertemperatur allmählich zu sinken, fällt bis zu ihrem früheren Stand oder noch tiefer, um sich dann wieder zu heben; nach 2¼ Stunden ist sie fast in allen Versuchen höher als vor dem Bade. (Zur Vergleichung der Körpertemperaturen wurden die dritten Messungen der ersten und der letzten Beobachtung im Kalorimeter genommen). Die Wärmeproduktion ist in der Periode der primären Nachwirkung doppelt so grofs als vor dem Bade.

(Siehe Tabelle VII auf S. 348.)

Die heifsen Luftbäder nehmen bezüglich ihrer Wirkung die Mitte zwischen Wannen- und Dampfbädern ein. Sie wurden von den Versuchspersonen nicht sehr gut vertragen. Nicht selten trat gegen Ende des Versuches Schwindel ein. Vergleichen wir nun die Daten der Wasserverdunstung in der Nachperiode, so bemerken wir die gröfste Steigerung nach Anwendung von Wannenbädern. Es wird das begreiflich, wenn man die Bedingungen in Betracht zieht, denen der Patient im Wannenbad unterworfen ist. Im Dampfbad und besonders im heifsen Luftbad kann der Organismus einen Teil der ihm zugeführten Wärme

Tabelle VII.

**Versuche 34 und 35.**

| Nr. des Versuchs | Name Alter Wuchs | Bedingungen des Versuchs | Gewicht in kg | Wasserdämpfe | | Anzahl der Kalorien nach Angabe des Anemometers | Wärmeabgabe für 1/4 Std. | | Körpertemperatur | | Wärmeproduktion für 1/4 Std. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Quantit. der ausgeschied. Dämpfe für 15 Min. in g | Latente Wärme der Verdunstung | | Gesamte | auf 1000 qcm | in recto | in axilla | Gesamte | auf 1000 qcm | auf 1 kg Gewicht |
| 34 | Theodor J . . . ff | | 71,0 | 13,13 | 7,631 | 13,65 | 21,28 | 1,009 | 37,3<br>37,03 | 36,38<br>36,4 | 5,37 | 0,2546 | 0,076 |
| | | Nach einem Dampfbade. Stieg ins Bad bei 38° C. Die Temperat. wurde darauf bis auf 52° C erhöht. Dauer 15 Min. | 70,4 | 20,96 | 12,18 | 16 | 28,18 | 1,336 | 37,18<br>37 | 36,58<br>36,35 | 17,57 | 0,8331 | 0,249 |
| | | 1 Stunde 40 Min. nach dem Bade | | 11,2 | 6,51 | 15 | 21,51 | 1,026 | 37,08<br>36,96 | 36,45<br>36,95 | 14,5 | 0,6914 | 0,206 |
| 35 | Gregor S . . . ff | | 61,8 | 10,62 | 6,169 | 12,4 | 18,57 | 0,9658 | 37,52<br>37,25 | 36,75 | 14,98 | 0,7791 | 0,242 |
| | | Nach einem Dampfbade von 40—55° C. Dauer 22 Min. (bei 50° C. 15 Min.) | 60,9 | 23,39 | 13,90 | 14,1 | 28,0 | 1,474 | 37,32<br>37,18 | 37,08<br>36,85 | 20,95 | 1,103 | 0,344 |
| | | 1 Stunde 30 Min. nach dem Dampfbade | 61,7 | 10,78 | 6,266 | 15,15 | 21,42 | 1,115 | 37,4<br>37,51 | 36,68<br>36,53 | 27,05 | 1,408 | 0,438 |

in Form von Dämpfen an das Medium abgeben. Im Wannenbad ist diese kompensatorische Wärmeabgabe sehr beschränkt, der Organismus wird stark erhitzt und kann lediglich nach dem Bade die angehäufte Wärme durch Verdunstung abgeben.

Was den Gesamtverlust an Körpergewicht nach jeder dieser drei Arten von hydropathischen Prozeduren betrifft, so fanden wir nach Berechnung der Durchschnittswerte, dafs der Gewichtsverlust

nach einem Heifsluftbad . . 460 g
nach einem Wannenbad . . 550 »
nach einem Dampfbad . . . 575 »

beträgt.

Die beträchtliche Abnahme des Körpergewichts nach Dampfbädern steht im Widerspruch zu der allgemein geltenden Ansicht, dafs die Schweifsabsonderung durch Heifsluftbäder am besten gefördert würde. Vielleicht ist das Dampfbad, da es dem russischen Bade sehr ähnlich ist, für unsere Versuchspersonen eine gewohntere Anregung zur Schweifsabsonderung. Nach warmen Bädern von 31° R (siehe Versuch 25 und 28) kehrt der Organismus bereits 1 Stunde nach dem Bade zur Norm zurück. Im Versuch Nr. 25 erwiesen sich Wasserverdunstung und Wärmeabgabe als geringer, die Wärmeproduktion dagegen um 60% höher als vor dem Bade. Der Effekt der heifsen Bäder von kurzer Dauer unterscheidet sich kaum von dem prolongierter Bäder, ist natürlich aber viel schwächer.

Wenn das heifse Bad von sehr kurzer Dauer ist, so braucht der um zwei oder drei Zehntel-Grade erwärmte Organismus diese Erwärmung nicht durch Steigerung der Wärmeproduktion zu kompensieren, sie geht in solchem Falle durch Strahlung und Leitung verloren. Wenn wir die Daten bezüglich Wärmeabgabe, Wärmeproduktion, Körpertemperatur und Wasserverdunstung in der Vorperiode, während der Applikation heifser Bäder und in der Nachperiode zusammenstellen, können wir uns von der Bedeutung der beobachteten Schwankungen im Wärmehaushalt einen Begriff bilden. Während der Erwärmung findet — nach der

Ansicht einiger Autoren — (Kernig[1]), Liebermeister, Predtetschenski)[2]) eine Steigerung der Wärmeproduktion statt. Die Ergebnisse unserer freilich in geringer Zahl angestellten und nicht vollkommen exakten Beobachtungen widersprechen einer solchen Annahme nicht. Die Steigerung der Wärmeproduktion während des heifsen Bades kann man in folgender Weise erklären. Um sich vor Überwärmung zu schützen, greift der Organismus zu den gewöhnlichen Mitteln. Jedoch die intensive Anspannung der Atemmuskeln, die energische Tätigkeit der Schweifsdrüsen und die aktive Erweiterung der Gefäfse — alle diese physiologischen Vorgänge erfordern, damit sie in Aktion treten können, einen gewissen Aufwand von Energie und bilden in der Folge selbst Wärmequellen. Diese vom Organismus selbst erzeugte Wärme stellt ein Plus zu der von aufsen gelieferten Wärmemenge vor. Gewifs kann diese Steigerung der Wärmeproduktion nicht mit ihrem Anwachsen unter dem Einflufs von Kälte verglichen werden. Im ersten Fall beträgt sie selbst bei starker Übererwärmung nicht mehr als 20—35% (Predtetschenski), während sie unter dem Einflufs niedrigerer Temperaturen sich 13fach oder mehr vergröfsert. Unmittelbar nach dem Bad pflegt die Gröfse der Wärmeproduktion verschieden zu sein. In einigen Versuchen verringerte sich die Wärmeproduktion allerdings für kurze Zeit, doch in den meisten Fällen weist sie im Vergleich mit der Vorperiode eine Zunahme auf. Nach 2—2½ Stunden ist die Wärmeproduktion durchweg höher als die Norm. Aufserdem stellte ich fest, dafs der Rückgang der Wärmeproduktion gewöhnlich bei intensiver Erwärmung der Versuchsperson stattfindet.

Für die Schwankungen in der Gröfse der Wärmeproduktion haben wir die Erklärung wahrscheinlich in dem Temperatursinn des menschlichen Organismus zu suchen. Die Temperaturempfindungen werden dem Zentralnervensystem von der Peripherie aus durch besondere Nervenendigungen vermittelt, und zwar bestehen nach der heutigen Anschauung verschiedene End-

---

1) Dissertation, 1864.

2) Predtetschenski, Der Stoffwechsel bei Übererwärmung. Dissertation, Rufs., 1901.

organe für die Wärme und für die Kälte. Beim Verlassen des Bades gerät der Organismus unter den Einflufs zweier Agentien. Einerseits wirkt die stark erhitzte Haut durch ihre Wärme gleichsam als Fortsetzung des heifsen Bades, anderseits die Zimmerluft als kaltes Medium. Die wärme- und kälteempfindenden Endapparate vermitteln dem Zentrum ihre Reizempfindungen, und der Organismus reagiert auf diejenigen, deren Wirkung sich als stärker erweist. Angenommen, es sei das die Wirkung der Wärme Alle Mittel zur Verteidigung treten in Aktion. Es bleibt noch eine letzte Mafsnahme — die Wärmeproduktion für kurze Zeit herabzusetzen. Ist die Kälteempfindung mächtiger, so steigt bekanntlich die Wärmebildung. Nach Mafsgabe der Abkühlung der Haut, nach Mafsgabe der Entäufserung der angehäuften Wärme wird die Wirkung der Kälte immer stärker, die Wärmeproduktion nimmt immer mehr zu und ist daher nach zwei Stunden stark erhöht. Natürlich mufs alles Gesagte lediglich als Annahme betrachtet werden, die sich allerdings durch grofse Wahrscheinlichkeit auszeichnet.

Die Wärmeabgabe ist begreiflicherweise stark erhöht, sowohl durch Verdunstung als durch Strahlung und Leitung. Es erübrigt noch, einige Worte in bezug auf die Duschen zu sagen. Über die Anwendung, Druck und Messungsmethode haben wir schon früher vorläufige Bemerkungen gemacht. Betrachten wir die Resultate unserer Versuche, so kommen wir zu folgenden Schlüssen. Eine Dusche mit starkem Druck oder ohne solchen von $1^1/_2$ oder 2 Min. Dauer erwärmt die Versuchspersonen weniger als heifse Wannenbäder von gleicher Temperatur (siehe Versuch 43 mit dem heifsen Bad und Versuch 47 mit heifser Dusche, Tabelle VIII), hinsichtlich der Wärmeabgabe sind die Daten nach Douchen dieselben wie nach kurzen Wannenbädern. In einigen Fällen steigt die Wärmeproduktion, in anderen fällt sie. Die Widersprüche in den Angaben betreffs der Wärmeproduktion sind wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dafs einerseits der Einflufs der Erwärmung ziemlich schwach ist, anderseits bei dieser Prozedur eine Reihe von Nebenwirkungen, als: umgebendes Luftmedium, seine Feuchtigkeit, mechanischer Reiz des Wassers, Einflufs energischer

Tabelle VIII.
**Versuche 43 und 47.**

| Nr. d. Versuchs | Name Alter Wuchs | Bedingung des Versuchs | Gewicht in kg | Wasserdampf: Quant. d. ausgeschied. Dämpfe f. 15 Min. in g | Wasserdampf: Latente Wärme der Verdunstung | Anzahl d. Kalorien nach Angabe des Anemometers | Wärmeabgabe für 1/4 Stunde: Gesamte | Wärmeabgabe für 1/4 Stunde: auf 1000 qcm | Körpertemperatur: in recto | Körpertemperatur: in axilla | Wärmeproduktion für 1/4 Stunde: Gesamte | Wärmeproduktion für 1/4 Stunde: auf 1000 qcm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 43 | Alex. B . . ff | Nach dem Bade | 78,7 | 12,7 | 7,4 | 11,4 | 18,8 | 0,83 | 37,36<br>37,18 | 36,7<br>36,48 | 7,04 | 0,31 |
| | | Nach einem Bade von 35,5° R Dauer 2 Min. | 78,55 | 22,59 | 13,1 | 10,35 | 23,5 | 1,042 | 37,13<br>37,03 | 36,69<br>36,58 | 19,6 | 0,87 |
| | | 1½ St. nach dem Bade von 35° R 2 Min. | — | 15,67 | 9,1 | 12,1 | 21,2 | 0,94 | 37,0<br>37,08 | 36,815<br>36,46 | 26,416 | 1,171 |
| 47 | Alex. B . . ff Subj. Nr. 2 | Vor der Dusche | 79,1 | 14,81 | 8,606 | 11,3 | 19,906 | 0,8792 | 37,21<br>37,23 | 36,6<br>36,4 | 18,595 | 0,6776 |
| | | Nach der douche mobile 36° R (45° C) 2 Min Manometerdruck, 45 Pf. wahr. Druck auf d. qcm | 78,8 | 16,84 | 9,4 | 12,0 | 21,7 | 0,9578 | 37,19<br>37,07 | 36,47<br>36,36 | 13,9 | 0,6158 |
| | | 1½ Std. nach der Dusche | — | 15,57 | 9,046 | 13,5 | 22,546 | 0,9972 | 37,4<br>37,18 | 36,6 | 12,0 | 0,53 |

Bewegungen unter der Dusche u. a. hinzukommen. Der Wirkungsgrad jeder einzelnen dieser Ursachen ist in jedem Einzelfalle verschieden, der Organismus reagiert nur auf die Summe aller dieser manchmal entgegengesetzten Agentien, daher darf man keine besondere Konsequenz in den Veränderungen der Wärmeproduktion erwarten.

---

Resumieren wir die Resultate unserer Untersuchungen über die Wirkung heifser Prozeduren auf den Wärmehaushalt in der Nachperiode, so kommen wir zu folgenden Schlüssen:

Die Wärmeabgabe ist unmittelbar nach heifsen Prozeduren erhöht; ihre Steigerung hängt sichtlich vom Grad der Erwärmung ab.

Die Wasserverdunstung ist deutlich gesteigert (mitunter ins Doppelte und Dreifache im Vergleich

mit der Norm) und stellt die Ursache der Steigerung der Wärmeabgabe vor. Nach der Periode gesteigerter Verdunstung folgt nicht selten eine unerhebliche Abnahme der Wasserverdunstung im Vergleich mit der Vorperiode.

Die während der Erwärmung gesteigerte Körpertemperatur fällt in der Nachperiode, zuerst rasch, dann allmählich, nicht selten im Laufe von zwei Stunden. Vor der sekundären Steigerung ist sie manchmal niedriger als vor dem Bade. Die gewöhnliche Differenz zwischen Axillar- und Rektaltemperatur (0,5°) ist in der ersten Zeit nach dem Bade erhöht. Die Wärmeproduktion fällt manchmal unmittelbar nach dem Bade, jedoch häufiger steigt sie. Mäfsige Erwärmung hat stets eine gesteigerte Wärmeproduktion zur Folge. Nach einiger Zeit (1 bis 2 Stunden) ist sie in allen Fällen höher als vor dem Bad. Wärmeabgabe und Wasserverdunstung gehen nach Duschen nach den allgemeinen Gesetzen von statten. Die Daten betreffs der Wärmeproduktion bei Duschen entsprechen diesen Gesetzen nicht.

Die Bäder von 28° R (35° C) bilden eine besondere Gruppe, die der sog. thermisch-indifferenten Bäder.

A priori könnte man erwarten, dafs nach diesen Bädern keine gleichartigen Veränderungen im Wärmehaushalt erhalten werden.

Die ersten Versuche, die mit diesen Bädern angestellt wurden, erbrachten die Bestätigung unserer Annahme. Es erwies sich, dafs die Wirkung des sog. thermisch-indifferenten Bades vollständig von den individuellen Eigenschaften der zu Untersuchenden, ihrer Gewöhnung an diese oder jene Aufsentemperatur, ihrer Ernährung usw. abhängt.

So z. B. hat Chw...skij, Badewärter im Hospital, beständig mit warmem Wasser zu tun, hält sich in warmen, geheizten Räumen auf und ist daher in gewissem Grade an Kälte nicht

gewöhnt. Obgleich das indifferente Bad, das ihm verabfolgt wurde, eine Temperatur von über 28° R (35° C) hatte, erwies es sich für ihn als kühles Bad. Die Wärmeabgabe nach dem Bade war herabgesetzt, ebenso die Wasserverdunstung, und das Versuchsobjekt empfand ein Gefühl von Kälte.

Zwei andere Personen, an denen Untersuchungen über die Wirkung indifferenter Bäder angestellt wurden, waren Gewerbetreibende, der eine Droschkenkutscher, der andere Strafsenhändler. Beider Beruf beweist, dafs sie an Kälte gewöhnt waren. Tagsüber hielten sie sich auf der Strafse auf, die Nächte brachten sie im Nachtasyl zu, wo sie erkrankten. Beiden schien ein Wannenbad von 28° warm und sehr angenehm. Als objektiver Beweis dafür können die kalorimetrischen Daten dienen. Angesichts dieser Resultate glaubte ich, nicht längere Zeit auf die Anstellung von Versuchen mit indifferenten Bädern verwenden zu müssen, in der Annahme, dafs Wannenbäder von 28° R auf einige Personen die Wirkung kühler Bäder, auf andere die lauer ausüben.

## Der Wärmehaushalt bei Fieberkranken nach kalten Bädern.

Die Untersuchungen über die Wirkungen hydropathischer Prozeduren auf den Wärmehaushalt Fieberkranker beziehen sich fast ausschliefslich auf kalte Bäder. Warme und heifse Prozeduren wurden in dieser Hinsicht fast gar nicht berücksichtigt. Es liegt das hauptsächlich an dem Umstande, dafs warme Prozeduren bei Fieberkranken relativ selten zur Anwendung kommen. Das Studium der Wirkung kalter Bäder auf den Wärmehaushalt Fieberkranker begann schon vor längerer Zeit, wohl gleichzeitig mit den Untersuchungen an Gesunden. Die ersten Forschungen fallen in jene Zeit, als kalte Prozeduren bei Fieberkranken, besonders in Typhusfällen, larga manu angewendet wurden. Damals verordneten Ärzte, wie z. B. Juergensen und Brand, den Typhuskranken in 24 Stunden 6—11 Bäder von ca. 16°. Die Untersuchungen über den Wärmehaushalt bei Fieberkranken während der Anwendung sehr kalter Bäder ergaben folgende Resultate. Zunächst erwies es sich, dafs die Wärmeregulierung im fiebernden Organismus nach denselben Gesetzen von statten

geht wie bei Gesunden (Liebermeister, Wahl[1]), Tschesnokow.[2]) Der Unterschied besteht darin, dafs die Wärmeregulierung bei diesen Kranken auf eine höhere Ziffer eingestellt ist, die der fiebernde Organismus beinahe ebenso beharrlich konstant zu erhalten sucht wie der gesunde.

Bei gleichen Differenzen zwischen den Temperaturen des Körpers und des Badewassers verliert der Fieberkranke mehr Wärme als der Gesunde, produziert aber weniger als dieser. Demnach ist der wärmeentziehende Effekt kalter Bäder bei Fieberkranken gröfser als bei Gesunden. Die betreffenden Ziffern kann man bei Liebermeister finden, auch sind sie im Kursus der allgemeinen Therapie von Prof. M. W. Janowski angeführt.

Von den uns interessierenden Erscheinungen der Nachperiode wurde nur das Verhalten der Temperatur beobachtet. Nach Wahl hängt der wärmeentziehende Effekt des kalten Bades auch von dem Stadium des Fiebers ab, in dem das Bad verabreicht wird. Ein kaltes Bad im Stadium acme entzieht weit weniger Wärme als dasselbe Bad bei gleicher Körpertemperatur während der Remissionen im Stadium decrementi. Aufserdem fand Liebermeister, dafs der Effekt zweier kalter Bäder von bestimmter Dauer viel bedeutender ist als der eines einmaligen Bades von doppelt so langer Dauer.

Was nun die Wirkung des kalten Bades speziell auf den Fieberprozefs betrifft, so wurde von den früheren Autoren der antithermische Wert derselben in den Vordergrund gerückt. Da sie die gröfste Gefahr für den Organismus in der Steigerung der Körpertemperatur sahen, glaubten sie dem über die Norm hinaus erwärmten Organismus die überschüssige Wärme entziehen zu müssen. Daraus erklärt sich ihre Vorliebe für wärmeentziehende Heilmethoden.

In letzter Zeit haben einige Gelehrte, darunter Botkin, ihr Augenmerk hauptsächlich auf den gesteigerten Wärmeumsatz während der Anwendung kalter Bäder gerichtet. Von der Ansicht ausgehend, dafs der Oxydationsprozefs während des Fiebers

---

1) Wahl, Petersburger med. Zeitschr., 1867.

2) Tschesnokow, Dissert., St. Petersburg, 1876.

zwar gesteigert ist, aber dennoch sehr viele unvollständig oxydierte Produkte zurückbleiben, die auf die kälteempfindenden Nervenzentren unnormal wirken, nahmen sie an, dafs das kalte Bad eine vollständigere Verbrennung der nichtoxydierten Produkte fördert. Zu Versuchen an Fieberkranken wählten wir hauptsächlich Fälle von Abdominaltyphus und Rekurrens. Wir verglichen die Veränderungen im Wärmehaushalt während des Fieberstadiums und im fieberfreien Stadium unter dem Einflusse von Bädern von gleicher Dauer und Temperatur. Um den Einflufs von Quantität und Qualität der Speisen auszuschliefsen, wurde den Rekonvaleszenten und den Gesunden am Tage vor dem Versuche dieselbe Nahrung verabfolgt wie während der Krankheit. Die Tageszeit war bei den Untersuchungen dieselbe wie bei den Gesunden.

Die Untersuchungen wurden mit Bädern von 23° R (29° C) und 28° R (35° C) ausgeführt. Betrachten wir zunächst die erstgenannten Bäder (23°). Die Dauer derselben betrug 13—15 Min. Diese Bäder erwiesen sich nicht nur bei Fieberkranken, sondern auch bei Gesunden als intensiv kalte Prozeduren. Um den beträchtlichen Wärmeverlust während dieser Bäder zu kompensieren, mufste der Organismus eine exzessive Wärmemenge entwickeln. Die Wirkung einer solchen gesteigerten Wärmebildung einerseits und energische Wärmeentziehung durch das kalte Bad anderseits veränderten den Wärmezustand des Organismus auf verschiedene Weise.

In einigen Fällen konnten wir bekannte Erscheinungen beobachten. Der Wärmeverlust durch Wasserverdunstung und die Wärmebildung sanken prompt unmittelbar nach der Prozedur, d. h. in der Periode der primären Nachwirkung. Nach einiger Zeit glich sich dieses Fallen aus. Manchmal beobachtete man in der Periode der sekundären Nachwirkung eine Steigerung der Produktion. Als Beispiel führen wir folgende zwei Versuche an (s. Tabelle IX).

(Siehe Tabelle IX auf S. 357 und IX a auf S. 358.)

Tabelle IX.

| Diagnose: Ileo-Typhus | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fedor M...woi, 24 Jahre alt, Soldat | | | | Bad von 29° C (23° R) | | | | | | | | | | | |
| Körpergew. in kg | Körperfläche in 1000 qcm | Periode der Krankheit | Bedingungen der Kalorimet.-Beobachtung | Gesamte Wärmeabgabe in Kal. für 15 Min. | Differenz | Gesamte Wärmeproduktion in Kal. für 15 Min. | Differenz | Menge der ausgesch. Dämpfe für 15 Min. | Differenz | Körpertemperatur in recto | Differenz | Körpertemperatur in axilla | Differenz | Anmerkungen | |
| | | 11. Tag | Vor dem Bade | 25,85 | | 36,78 | | 12,67 | | 39,08 | | 38,6 | | [1]) 20 Min. nach dem Bade. | |
| 64 | 1,95 | | | | — *6,45* | | — *15,88* | | — *3,07* | | — *0,58* | | — *2,0* | [2]) 50 Min. nach dem Bade (fror im Bad, doch nicht stark). | |
| | | Remissionen | Nach dem Bade | 19,4 | | 20,9 | | 9,6 | | 38,5[1]) 37,83[2]) | — *1,26* | 36,6[1]) 36,8[2]) | — *1,8* | | |
| | | Fieberfreie Periode | Vor dem Bade | 19,79 | | 19,75 | | 11,26 | | 37,3 | | 36,65 | | [1]) 20 Min. nach dem Bade. | |
| 63,8 | 1,96 | 7 Tage, | | | — *2,73* | | — *5,34* | | — *2,55* | | — *0,58* | | — *1,2* | [2]) 50 Min. nach dem Bade. | |
| | | normale Temperatur | Nach dem Bade | 17,06 | | 14,41 | | 8,71 | | 36,72[1]) 36,3[2]) | — *1,0* | 35,45[1]) 35,8[2]) | — *0,85* | | |

Tabelle IXa.

Diagnose: Ileo-Typhus

Michael K . . . n, 24 Jahre alt, Soldat. Bad von 29° C (23° R). Dauer 13 Min.

| Körpergew. in kg | Körperfläche in 1000 qcm | Periode der Krankheit | Bedingungen der Kalorimet.-Beobachtung | Gesamte Wärmeabgabe in Kal. für 15 Min. | Differenz | Gesamte Wärmeprodukt. in Kal. für 15 Min. | Differenz | Menge der ausgesch. Dämpfe für 15 Min. | Differenz | Körpertemperatur in recto | Differenz | Körpertemperatur in axilla | Differenz | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 52 | 17,14 | Schweres Rezidiv, Periode acme | Vor dem Bade | 20,43 | | 15,25 | | 8,346 | | 39,8 | | 39,38 | | 1) 20 Min. nach dem Bade. |
| | | | | | | | | | | | — 0,32 | | — 1,58 | |
| | | | | | — 3,2 | | + 2 | | 0 | 39,48 1) | | 37,8 1) | | 2) 80 Min. nach dem Bade. |
| | | | | | | | | | | | — 0,67 | | — 0,88 | |
| | | | Nach dem Bade | 17,23 | | 17,25 | | 8,346 | | 39,13 2) | | 38,5 2) | | Nach dem Bade heftiger Schauer. |
| 50,2 | 16,74 | Gegen Ende des schweren Rezidivs | Vor dem Bade | 19,38 | | 13,5 | | 10,16 | | 39,62 | | 39,2 | | 1) 35 Min. nach dem Bade. |
| | | | | | — 6,67 | | — 0,83 | | — 4,62 | | — 0,84 | | — 0,8 | |
| | | | 20 Min. nach dem Bade | 12,71 | | 12,67 | | 5,54 | | 38,78 1) | | 38,4 1) | | 2) 1 Std. 10 Min. nach dem Bade. |
| | | | | | | | | | | | — 0,87 | | — 0,65 | |
| | | | | | — 3,18 | | + 7,27 | | — 3,69 | 38,75 2) | | 38,55 2) | | |
| | | | | | | | | | | | — 0,52 | | — 0,5 | |
| | | | 1½ Std. n. d. Bade | 16,2 | | 20,77 | | 6,47 | | 39,1 3) | | 38,7 3) | | 3) 2 Std. 25 Min. nach dem Bade. |
| 56,5 | 18,17 | Periode der vollständigen Genesung 3 Wochen normale Temp. | Vor dem Bade | 23,41 | | 16,34 | | 11,74 | | 37,28 | | 37,2 | | 1) 20 Min. nach dem Bade. |
| | | | | | — 3,0 | | — 0,13 | | — 1,0 | | 0 | | + 0,05 | |
| | | | Nach dem Bade | 20,41 | | 16,21 | | 10,74 | | 37,28 1) | | 37,25 1) | | 2) 50 Min. nach dem Bade. |
| | | | | | | | | | | | — 0,42 | | — 0,66 | |
| | | | | | —1,167 | | — 3,724 | | + 0,04 | 36,86 2) | | 36,54 2) | | |
| | | | | | | | | | | | — 0,23 | | — 0,42 | |
| | | | 1 St. 50 M. nach dem Bade | 22,243 | | 12,616 | | 11,78 | | 37,05 3) | | 36,78 3) | | 3) 2 Std. 25 Min. nach dem Bade. |

Diese beiden Versuche, von denen der eine im Stadium acme des Fieberprozesses, der andere im Stadium der Entfieberung angestellt wurde, ergaben in bezug auf den Charakter der Veränderung gleichartige, doch in bezug auf den Grad derselben verschiedene Resultate.

Alle Daten des Fieberstadiums weisen höhere absolute Werte auf als die Daten der Norm. Der Abfall der Temperatur, der Wärmeabgabe, der Wasserverdunstung und die starke Abnahme der Wärmeproduktion sind unmittelbar nach dem Bade zu konstatieren. Im Stadium des Fiebers sind alle diese Erscheinungen bedeutend schwächer ausgedrückt. Beachtung verdient der Umstand, dafs die Gröfse der Wärmeabgabe, Wärmeproduktion und Wasserverdunstung bedeutend höher ist als während der Norm. Ganz analoge Erscheinungen finden wir auch beim zweiten Kranken (Ileo-Typhus).

Der erste Versuch wurde im Stadium acme angestellt. Nach dem Bade beobachten wir beim Kranken heftigen Schauer, der, wie es schien, statt der gewöhnlichen Verminderung ein Steigen der Wärmeproduktion zur Folge hatte. Der zweite Versuch wurde gegen Ende eines Rezidivs angestellt, als das Fieber schon einen etwas schwächeren Charakter hatte. Die primäre Nachwirkung des Bades war deutlich zu konstatieren. Nach der Abnahme stieg die Wärmeproduktion in der Periode der sekundären Nachwirkung wiederum, wie wir es oft bei Gesunden gesehen hatten. Der dritte Versuch wurde an M...k angestellt, als er sich vollständig erholt hatte, und kann als Versuch am Gesunden gelten.

Die zweite Gruppe der Versuchsobjekte unterscheidet sich von der ersten.

Nachstehend einen Versuch dieser Gruppe.

Alexis Tsch... ko (Tabelle X S. 360), Bauer, wurde am 15. Tag zum ersten Male untersucht. Ein Bad von 23° R und 15 Min. Dauer vertrug er gut. Die Veränderungen im Wärmehaushalt waren wie gewöhnlich. Der zweite Versuch wurde nach zwei Wochen zu Beginn der fieberfreien Periode angestellt. Der Kranke

## Tabelle X.

**Diagnose: Ileo-Typhus**

| Alexis Tsch . . ko, 28 Jahre alt, Arbeiter | | | | Bad von 29° C (23° R). Dauer 13 Min. | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Körpergew. in kg | Körperfläche in 1000 qcm | Periode der Krankheit | Bedingungen der Kalorimet.-Beobachtung | Gesamte Wärmeabgabe in Kal für 15 Min. | Differenz | Gesamte Wärmeprodukt. in Kal. für 15 Min. | Differenz | Menge der ausgesch. Dämpfe für 15 Min. | Differenz | Körpertemperatur in recto | Differenz | Körpertemperatur in axilla | Differenz | Anmerkungen |
| 52 | 17,14 | Acme 2 Wochen krank | Vor dem Bade | 28,95 | | 27,66 | | 15,7 | | 39,3 | | 38,2 | | [1]) 20 Min. nach dem Bade. [2]) 50 Min. nach dem Bade. [3]) 3 Std. nach dem Bade. Vertrug d. Bad gut. |
| | | | | | — 8,95 | | — 4,64 | | — 5,84 | | — 1,6 | | — 1,67 | |
| | | | Nach dem Bade | 20,0 | | 23,02 | | 9,86 | | 37,7 [1]) | | 36,52 | | |
| | | | | | | | | | | | — 1,92 | | | |
| | | | | | | | | | | 37,38 [2]) | | | | |
| | | | | | — 4,7 | | — 10,35 | | — 6,3 | | — 0,56 | | + 0,14 | |
| | | | 2 St. 15 M. nach dem Bade | 24,25 | | 17,31 | | 9,4 | | 38,74 [3]) | | 38,34 | | |
| 48,6 | 16,38 | 3 Tage fieberfrei. Eine Mittelohrentzünd. unmittelbar vorher durchg. | Vor dem Bade | 21,05 | | 17,02 | | 10,59 | | 37,0 | | 36,1 | | Zeit d. Temperaturmessung dieselbe wie im vorhergehend. Versuch. Fror im Bad. Zittert. |
| | | | | | — 3,12 | | — 11,19 | | — 2,13 | | — 1,3 | | — 1,0 | |
| | | | Nach dem Bade | 17,93 | | 5,83 | | 8,46 | | 35,7 | | 35,1 | | |
| | | | | | | | | | | | — 1,6 | | — 1,2 | |
| | | | | | | | | | | 35,4 | | 34,9 | | |
| | | | | | — 2,89 | | + 5,61 | | — 2,68 | | — 0,6 | | — 0,1 | |
| | | | 2 St. 15 M. nach dem Bade | 18,16 | | 22,63 | | 7,91 | | 36,4 | | 36,0 | | |
| 54 | 17,6 | Genesen. Fiebert seit einem Monat nicht mehr | Vor dem Bade | 23,28 | | 17,808 | | 14,78 | | 37,15 | | 36,3 | | Temperaturmessung wie vorher. »Spürte gar keine Kälte« im Bad. |
| | | | | | — 0,22 | | + 29,66 | | — 6,42 | | — 1,75 | | — 1,1 | |
| | | | Nach dem Bade | 23,06 | | 47,47 | | 8,36 | | 35,4 | | 35,2 | | |
| | | | | | | | | | | | — 1,15 | | — 0,8 | |
| | | | | | | | | | | 36 | | 35,5 | | |
| | | | | | + 0,83 | | + 20,152 | | — 3,1 | | + 0,03 | | + 0,14 | |
| | | | 2 St. 15 M. nach dem Bade | 24,11 | | 37,96 | | 11,68 | | 37,18 | | 36,44 | | |

war damals noch schwach, während des Fiebers hatte er viel an Gewicht verloren. Im Bade fror er, obwohl wir keinen starken Schauer beobachteten. Der Wärmehaushalt wies nach dem Bade keine aufsergewöhnlichen Erscheinungen auf. Die absoluten Werte der Differenzen sind geringer als im ersten Versuch. Die Wärmeproduktion der Periode der sekundären Nachwirkung übersteigt die Norm. Es verging ein Monat, der Kranke wurde kräftiger, sein Gewicht nahm um ein Beträchtliches zu. Er schien normal zu sein. Die Untersuchung seines Wärmehaushaltes nach dem Bad ergab eine sehr unbedeutende Verringerung der Wärmeabgabe und eine enorme Wärmeproduktion unmittelbar nach dem Bade. In diesem »spürte« Patient »fast gar keine Kälte« (siehe Tabelle). In diesem Falle sind die Daten der Wärmeproduktion bemerkenswert. Aus den vorhergehenden Versuchen mit Gesunden sahen wir, dafs die Wärmeproduktion unter dem Einflufs kalter Bäder in der Periode der primären Nachwirkung sinkt. In diesem Fall ist aber das Gegenteil zu beobachten. Wenn die Wärmeproduktion in der Nachperiode gesteigert ist, während der Kranke Schüttelfrost hat und vor Kälte zittert — so ist das die gewohnte Erscheinung, doch wir konstatierten hier eine Steigerung der Wärmeproduktion bei einer schon gesunden Person einen Monat nach der Krankheit, als sie schon vollständig zu Kräften gekommen war. Patient erklärt, dafs das Bad ihm viel weniger kalt schien als früher, und dafs er keinen Schüttelfrost gefühlt habe. Diese Tatsache, die wir auch bei anderen Personen beobachten konnten, ist nicht leicht zu erklären. Möglicherweise kommt hier der Einflufs reichlicherer Nahrung zur Geltung, vielleicht aber haben diese Personen, da sie im Laufe der Krankheit sehr oft Bäder erhielten, die für sie kühl waren, allmählich in sich die Fähigkeit entwickelt, der Kältewirkung zu widerstehen. In diesem Falle haben wir es mit einer Art von Trainierung zu tun. In diesem Sinne ist es interessant, den Gang der Rektaltemperatur bei diesen Personen und dem Versuchsobjekt der ersten Gruppe Nr. 1, das nicht fiebert, jedoch nach Typhus mit einem Rezidiv noch nicht ganz kräftig ist, zu vergleichen.

| | Alexis Tsch ... ko Tabelle X in recto | Fedor M ... woi Tabelle IX |
|---|---|---|
| Vor dem Bade . . . | 37,15 | 37,3 |
| 20 Min. n. d. Bade . . . | 35,4 | 36,72 |
| 35 » » » » . . . | 35,5 | —,— |
| 50 » » » » . . . | 36,0 | 36,3 |
| 2 Std. 15 » » » » . . . | 36,85 | —,— |
| 2 » 45 » » » » . . . | 37,0 | |
| 3 » » » » . . . | 37,18 | |

Nach einem Bad von gleicher Temperatur und gleicher Dauer begann bei Al. Tsch...ko die Rektaltemperatur schon nach 35 Min. zu steigen, während sie bei Fedor M... woi noch 50 Min. nach Schlufs des Versuches anhaltend fiel.

Betrachten wir noch eine Tatsache, die in der Tabelle XI deutlich zutage tritt.

Beim Vergleichen der Veränderungen im Wärmehaushalt nach Bädern im Stadium acme mit den Veränderungen nach einem ähnlichen Bad im Stadium decrementi fällt es auf, dafs der Effekt des Bades während der acme des Fiebers sich viel schwächer äufsert als im Stadium decrementi.

Aufser den oben beschriebenen Bädern wurden bei den Fieberkranken Bäder von 28° R und 15 Min. Dauer angewendet. Solche Bäder üben auf die Fieberkranken die Wirkung kalter Prozeduren aus, — wie aus folgender Tabelle hervorgeht. — obgleich nach der Genesung dieselben Personen auf solche indifferente Bäder wie auf warme reagieren.

Mit warmen Prozeduren wurden an Fieberkranken keine systematischen Beobachtungen angestellt. Die Versuche mit heifsen Bädern beweisen, dafs die Wirkung heifser Bäder auf den Fieberkranken in der Nachperiode denselben Charakter hat wie bei Gesunden. Sodann, was den Wärmehaushalt unabhängig vom Bad betrifft, so können wir ohne auf Einzelheiten einzugehen, sagen, dafs sowohl Wärmeproduktion als Wärmeabgabe bei unseren Fieberkranken unter gewöhnlichen Verhältnissen höher

Tabelle XI.

| Körpergew. in kg | Körperfläche in 1000 qcm | Periode der Krankheit | Bedingungen der Kalorimet.-Beobachtung | Gesamte Wärmeabgabe in Kal. für 15 Min. | Differenz | Gesamte Wärmeproduktion in Kal. für 15 Min. | Differenz | Menge der ausgesch. Dämpfe für 15 Min. | Differenz | Körpertemperatur in recto | Differenz | Körpertemperatur in axilla | Differenz | Anmerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diagnose: Ileo Typhus | | | | | | | | | | | | | | |
| Alexis M...w, 24 Jahre alt, Kosak | | | | Bad von 29° C (23° R). Dauer 11 Min. | | | | | | | | | | |
| 70,8 | 21,05 | Stadium acme | Vor dem Bade | 24,4 | | 32,04 | | 13,5 | | 39,18 | | 38,37 | | [1]) 20 Min. nach dem Bade. |
| | | | | | — 2,2 | | — 2,2 | | — 1,56 | | — 0,72 | | — 2,0 | |
| | | | | | | | | | | 38,46[1]) | | 36,37[1]) | | [2]) 50 Min. nach dem Bade. |
| | | | | | | | | | | | — 0,7 | | — 0,885 | |
| | | | Nach dem Bade | 22,2 | | 29,84 | | 11,94 | | 38,48 | | 37,485[2]) | | |
| 66 | 20,1 | Stadium decrementi | Vor dem Bade | 25,73 | | 35,33 | | 11,44 | | 39,0 | | 38,43 | | [1]) 20 Min. nach dem Bade. |
| | | | | | — 6,3 | | — 10,25 | | — 0,68 | | — 0,8 | | — 1,33 | |
| | | | | | | | | | | 38,2[1]) | | 37,1[1]) | | [2]) 50 Min. nach dem Bade. |
| | | | Nach dem Bade | 19,43 | | 25,08 | | 10,76 | | | — 0,8 | | — 0,68 | |
| | | | | | | | | | | 38,2[2]) | | 37,75[2]) | | [3]) 2 Std. 25 Min. nach dem Bade. Fühlt sich noch schwach. |
| | | | | | — 4,1 | | + 3,2 | | — 1,61 | | — 0,3 | | — 0,33 | |
| | | | 1 St. 50 M. nach dem Bade | 21,63 | | 38,53 | | 9,83 | | 38,7[3]) | | 38,1[3]) | | |
| 65,6 | 20 | 9. Tag Temperatur normal | Vor dem Bade | 22,57 | | 17,3 | | 9,677 | | 37,8 | | 36,95 | | [1]) 20 Min. nach dem Bade. |
| | | | | | — 2,32 | | + 7,44 | | — 1,066 | | — 1,0 | | — 0,8 | |
| | | | | | | | | | | 36,8[1]) | | 36,15[1]) | | [2]) 50 Min. nach dem Bade. |
| | | | Nach dem Bade | 20,25 | | 24,77 | | 8,611 | | | — 0,82 | | — 0,72 | |
| | | | | | | | | | | 36,98[2]) | | 36,23[2]) | | [3]) 1 Std. 50 Min. nach dem Bade. Fror, doch nicht stark. |
| | | | | | — 3,1 | | + 3,02 | | — 1,6 | | — 0,4 | | — 0,3 | |
| | | | 1 St. 50 M. nach dem Bade | 19,47 | | 20,32 | | 8,077 | | 37,4[3]) | | 36,65[3]) | | |

sind als bei denselben Personen im normalen Zustand. Die Menge der Dämpfe überschreitet nicht die Grenzen der Norm.

Auf Grund eigener Beobachtungen über den Wärmehaushalt Fieberkranker nach hydropathischen Prozeduren erlauben wir uns folgende Schlüsse zu ziehen:

Der Wärmehaushalt Fieberkranker nach hydropathischen Prozeduren unterliegt im allgemeinen denselben Gesetzen wie bei Gesunden.

Auf die Veränderungen im Wärmehaushalt nach dem Bade hat das Stadium des Fieberprozesses grofsen Einflufs. So z. B. bewirkt das Stadium acme eingreifende Veränderungen im Gang sowohl der Wärmeproduktion als auch der Wärmeabgabe, indem es die Wirkung des Bades beeinträchtigt. Im Stadium decrementi hat ein kaltes Bad den gröfsten Effekt.

---

# Über den Einflufs künstlicher Stoffwechselalterationen auf die Produktion der Antikörper.

(Ausgeführt mit Unterstützung der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien.)

Von

Privatdozent Dr. **Paul Th. Müller,**
Assistent am Institute.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Graz.)

## I. Einleitung.

Die Produktion der Antikörper, wie sich dieselbe an die Resorption der verschiedenartigsten Antigene anschliefst, stellt zweifellos eine Schutz- und Abwehrreaktion des Organismus dar, welche dahin abzielt, die aufgenommenen körperfremden Substanzen in irgend einer Form unschädlich zu machen, sei es, dafs es sich hierbei um eine Entgiftung toxischer Stoffe, um eine Vernichtung und Abtötung lebender Krankheitskeime oder um eine Fällung und Koagulation löslicher eiweifsartiger Substanzen handelt. Dieses Auftreten wirksamer Stoffe im Blute und in den Geweben vermag nun nicht nur dem betreffenden Organismus eine erhöhte Widerstandsfähigkeit, eine Immunität gegenüber den in Rede stehenden Krankheitserregern und Giftstoffen zu verleihen, derart, d a f s d e r s e l b e v o n e i n e r z w e i t e n E r k r a n k u n g v e r s c h o n t b l e i b t, sondern wir werden mit Rücksicht auf die grofse Schnelligkeit, mit welcher die Entstehung der Antikörper — oft im Verlaufe weniger Stunden oder Tage nach der Resorption der betreffenden Antigene — einsetzt, wohl

die berechtigte Annahme machen dürfen, dafs dieselbe bereits der ersten Infektion bzw. Intoxikation zugute kommen wird, und dafs dieselbe daher aufs innigste mit den Heilungsvorgängen zusammenhängen dürfte, welche sich an die gesetzten Schädigungen anschliefsen.

So hat man besonders bei jenen Infektionskrankheiten, welche, wie die Pneumonie, einen kritischen Ausgang zu nehmen pflegen, das Eintreten dieser Krisis mit der massenhaften Produktion von Schutzstoffen in Beziehung gebracht, welche gerade um diese Zeit das Blut überschwemmen sollen, und man wird jedenfalls, auch wenn man die Vorstellung nicht vollkommen teilen sollte, doch zugeben können, dafs die Geschwindigkeit und Intensität, mit welcher die genannte heilsame Reaktion erfolgt, von gröfster Bedeutung für den ganzen Verlauf des Infektionsprozesses sein dürfte.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, legte ich mir nun die Frage vor, ob es möglich sei, die Fähigkeit des Organismus, auf die Einverleibung bakterieller Substanzen mit der Produktion von Antikörpern zu reagieren, durch irgendwelche Eingriffe in das normale Stoffwechselgetriebe zu beeinflussen, entweder zu steigern oder aber herabzusetzen.

Mit Rücksicht auf die oben dargelegten Erwägungen wurden hierbei solche Einwirkungen und Eingriffe auf den Organismus ausgewählt, von welchen nach andern Versuchen oder nach praktischen Erfahrungen feststand, dafs dieselben nicht nur den Verlauf von Infektionskrankheiten im günstigen oder auch im ungünstigen Sinne zu beeinflussen vermögen, sondern dafs dieselben direkt auch die Empfänglichkeit für die betreffenden pathogenen Mikroorganismen zu erhöhen oder vermindern imstande sind.

Ich habe bereits in einer früheren Arbeit [1]) über einige in dieser Richtung angestellte Versuche berichtet, und möchte mir hier der Vollständigkeit halber nur gestatten, das wesentliche

1) Centralbl. f. Bakt., 1903.

Ergebnis derselben an der Hand der nebenstehenden tabellarischen Zusammenstellung kurz zu resumieren.

**Hungerversuche (Taube).**

H = Hunger, C = Kontrolle.

| Bact. typhi<br>» pyocyaneus | | Bac. dysenteriae<br>Vibrio Metschnikoff<br>Bac. proteus | | |
|---|---|---|---|---|
| H > C | H < C | H < C | H = C | H > C |
| H > C | | H < C | H = C | H > C |
| H > C | | H < C | | |
| H > C | | H < C | | |
| H > C | | H < C | | |
| H > C | | H < C | | |
| H > C | | H < C | | |
| H > C | | H < C | | |
| H > C | | H < C | | |
| | | H < C | | |
| Durchschnittl. Verhältnis $\frac{H}{C}$ | | H < C | Durchschnittl. Verhältnis $\frac{C}{H}$ | |
| $\frac{H}{C} = 3,2$ | | H < C | $\frac{C}{H} = 4,6$ | |
| | | H < C | | |

Der Zweck dieser Experimente war, den Einflufs der Nahrungsentziehung auf die Antikörperproduktion der Tauben festzustellen. Zur Immunisierung wurden bei denselben fünf verschiedene Bakterienarten verwendet, nämlich Bact. typhi, pyocyaneum, Bac. dysenteriae, Vibrio Metschnikoff und Bac. proteus. In der genannten Tabelle findet sich nun angegeben, ob bei dem betreffenden Einzelversuche der Agglutinationswert des Serums bei dem Hungertiere (H) gröfser, gleich oder kleiner war als bei dem entsprechenden Kontrolltiere (C). Beispielsweise bedeutet also H > C, dafs das Blutserum des Hungertieres in dem vorliegenden Versuche die zur Immunisierung verwendeten Bakterien noch in höherer Verdünnung agglutinierte als das Serum des dazu gehörenden Kontrolltieres.

Ein Blick auf die Tabelle lehrt nun ohne weiteres, dafs die gesamten Versuche sich nach der Art der zur Injektion dienenden Mikroorganismen in zwei Gruppen sondern. Die eine dieser

beiden Gruppen, welcher Bact. typhi und Bact. pyocyaneum angehören, ist dadurch charakterisiert, dafs die Hungertauben fast stets (9 mal unter 10 Versuchen) mehr Agglutinine produziert hatten als ihre Partner; die andere Gruppe hingegen, welche den Dysenteriebazillus, Proteus und Vibrio Metschnikoff enthält, zeigte genau das entgegengesetzte Verhalten. Hier war unter 17 Versuchen 13 mal der Agglutinationstiter bei den Kontrolltieren gröfser als bei den Hungertieren, 2 mal bestand kein Unterschied, und nur 2 mal zeigte sich $H > C$.

Dieselbe Differenz äufsert sich auch in dem Durchschnittswerte des Quotienten $\frac{H}{C}$ bzw $\frac{C}{H}$[1]). Bei der ersten Gruppe der Versuche ist $\frac{H}{C}$ ungefähr gleich 3, bei der zweiten Gruppe hingegen ist das Reziproke dieses Quotienten, also $\frac{C}{H}$, gleich 4,6.

Der Schlufs, den wir in der oben zitierten Arbeit aus diesen Versuchen gezogen haben, ging dahin, dafs *die Nahrungsentziehung die Produktion der Agglutinine sehr wesentlich zu beeinflussen vermag, dafs jedoch die Richtung, nach welcher sich dieser Einflufs äufsert, von der Art der einverleibten Bakterienspezies abhängig erscheint.* So hatte unsere erste Gruppe von Versuchen eine Vermehrung der Agglutininproduktion, unsere zweite Gruppe eine Verminderung derselben unter dem Einflufs der Nahrungsentziehung erkennen lassen.

Die vorliegende Mitteilung sucht nun, diese Versuchsergebnisse, die wir hier kurz und summarisch wiedergegeben haben, nach verschiedenen Richtungen zu erweitern und zu ergänzen, indem eine ganze Reihe anderer Einwirkungen auf den Stoffwechsel des Organismus in den Kreis der Betrachtung einbezogen wurde. Diese Einwirkungen sind:

I. *die besondere Art der Ernährung;*
II. *die Vergiftung mit Phloridzin;*

1) Bezüglich der Art der Berechnung dieser Quotienten vergleiche die Anmerkung im folgenden Abschnitte!

III. die Vergiftung mit Alkohol;
IV. die Vorbehandlung mit intraperitonealen Aleuronatinjektionen;
V. die Vorbehandlung mit intravenösen Injektionen von zimmtsaurem Natron (Hetol).

Wir wollen unsere Experimente in der Reihenfolge, welche durch diese Aufzählung gegeben ist, besprechen, und am Schlusse jeder dieser Abschnitte, so weit dies überhaupt möglich ist, das Fazit aus denselben zu ziehen suchen.

## II. Einflufs der Art der Ernährung.

Über den Einflufs der Art der Ernährung auf die Widerstandsfähigkeit des Organismus gegenüber den Infektionskrankheiten ist nur sehr wenig bekannt. Zwar weifs man, dafs eine wenig abwechslungsreiche, mit geringer Sorgfalt zubereitete, eiweifsarme Kost, wie sie häufig in Gefangenhäusern und ähnlichen Anstalten gereicht wird, den Ernährungszustand der betreffenden Individuen sehr bedenklich zu verschlechtern vermag und die Empfänglichkeit für Krankheitserreger, speziell für den Tuberkelbazillus, ganz enorm erhöht. Da jedoch in solchen Fällen neben der unzureichenden Ernährung noch eine grofse Zahl anderer in demselben Sinne wirkender Schädlichkeiten, wie Mangel an körperlicher Bewegung, an Licht und Luft, ungünstige Wohnungsverhältnisse, endlich auch psychische Einflüsse mit ins Spiel kommen, so ist es unmöglich, die Rolle eines einzelnen dieser Faktoren gesondert zu betrachten, und es vermögen uns somit derartige Erfahrungen mit Rücksicht auf die obige Fragestellung doch nur recht unsichere und sehr allgemein gehaltene Aufschlüsse zu geben. Auch was den vielfach behaupteten Zusammenhang zwischen der animalischen oder vegetabilischen Ernährungsweise des Menschen mit seiner Disposition zu gewissen Infektionskrankheiten betrifft, so sind unsere wirklich positiven Kenntnisse hierüber fast gleich null zu setzen, und es bleibt daher künftigen Forschungen vorbehalten, diese gewifs höchst wichtigen Fragen zu beantworten.

Aber auch die — allerdings nicht sehr zahlreichen — Versuche, auf experimentellem Wege Einblick in die Wechselbeziehungen von Ernährungsweise und Resistenz zu erlangen, haben nur sehr geringe und zum Teil einander widersprechende Tatsachen zutage gefördert. Zwar hat C. Müller gefunden, dafs mit Brot, also mit vegetabilischer Nahrung gefütterte Ratten gegen Milzbrand empfindlicher sind als solche, welche bei Fleischnahrung gehalten werden; Hahn hat jedoch bei vier Hunden des gleichen Wurfes, von denen zwei kurz nach der Geburt beständig mit Brot, zwei jedoch mit Fleisch gefüttert wurden, keinen Unterschied in der Empfänglichkeit gegenüber dem Anthraxbazillus konstatieren können, und auch keine Differenz in der bakteriziden Wirkung ihres Blutserums gefunden.

Nur auf dem Gebiete der Säuglingsernährung liegt eine hierher gehörige — allerdings noch nicht nachgeprüfte — Beobachtung von Moro vor, nach welcher das Serum von Brustkindern stärker bakterizid und hämolytisch wirkt als das Serum künstlich ernährter Säuglinge, und nach welcher sogar bei dem einzelnen Säugling durch Wechsel der natürlichen und der künstlichen Ernährung eine entsprechende Änderung der bakteriziden Wirksamkeit des Blutserums hervorgerufen werden kann.

Über den Einflufs der Ernährungsweise auf die Produktion der Antikörper scheinen, soweit ich die Literatur überblicken konnte, überhaupt noch keine Mitteilungen gemacht worden zu sein.

Meine Versuche wurden nun in folgender Weise angestellt. Als Versuchstiere dienten, — wie bei meinen eingangs erwähnten Versuchen über die Einwirkung der Nahrungsentziehung auf die Entstehung der Agglutinine — Tauben, welche dem Gewichte nacheinander paarweise zugeordnet wurden. Die eine Serie dieser Tiere wurde nun mit einer eiweifs- und fettreichen Nahrung, nämlich mit gekochter Kuhmilch und etwas trockener Semmel gefüttert, während die andere Serie eine fett- und eiweifsarme Nahrung erhielt, die jedoch reichlich Kohlehydrate enthält: nämlich gekochte Kartoffeln. Beide Serien von Tieren wurden etwa 14 Tage vor dem eigentlichen Beginn der Versuche auf das

betreffende Nahrungsregime gesetzt, und zwar teils aus dem Grunde, weil manche Tauben in den ersten Tagen das ihnen vorgesetzte Futter verschmähten, teils deshalb, damit der Einflufs der Ernährungsweise sich durch genügend lange Zeit geltend zu machen Gelegenheit finde.

Zur Immunisierung dienten zwei verschiedene Bakterienarten: nämlich Bac. pyocyaneus einerseits, Bact. proteus anderseits. Die 24 stündigen Agarkulturen dieser Mikroorganismen wurden stets vor der Injektion durch ½ stündiges Erhitzen auf 55—60° abgetötet und dann den Versuchstieren intraperitoneal eingespritzt. Die Injektionen wurden meist in Intervallen von zwei bis drei Tagen wiederholt, derart, dafs die Gesamtzahl der Einspritzungen gewöhnlich drei betrug.[1]) Zwei Tage nach der letzten Injektion wurde dann aus der Flügelvene Blut entnommen, in ca. 10 cm langen Glasröhrchen von etwa 2 mm Lichte aufgefangen, die Röhrchen dann an einem Ende mittels eines Tropfens Siegellack geschlossen und zentrifugiert. Mit dem so gewonnenen Serum wurde dann in der üblichen Weise, in engen Eprouvetten, die Agglutinationsreaktion angestellt und die Serumtiter der dem Gewichte nach zueinander gehörenden Tiere miteinander verglichen.

Die Ergebnisse dieser Versuche sind in den nachstehenden Protokollen enthalten.

### Pyocyaneus-Versuche.

Taube A und C vom 12. XI. ab mit Milch und Semmel, B und D mit Kartoffeln gefüttert. 25. XI., 28. XI. und 2. XII. 2 ccm Pyocyaneusbouillon intraperitoneal. 4. XII. Blutentnahme.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Taube A[2]): | 12. XI. 385 g, | 20. XI. 390 g, | 25. XI. 387 g | Milch. |
| » C: | 12. XI. 337 g, | 20. XI. 334 g, | 25. XI. 330 g | |
| » B: | 12. XI. 367 g, | 20. XI. 310 g, | 25. XI. 317 g | Kartoffel. |
| » D: | 12. XI. 345 g, | 20. XI. 325 g, | 25. XI. 345 g | |

1) Die Versuchsanordnung wurde deshalb eingeschlagen, weil sich zu wiederholten Malen herausgestellt hatte, dafs eine zweimalige Bakterieneinspritzung bei diesen Tieren nicht hinreicht, um genügende Agglutininmengen in deren Serum entstehen zu lassen.

2) Die zusammengehörigen Tiere sind durch die im Alphabet aufeinanderfolgenden Buchstaben bezeichnet.

| 4. XII. | Verdünnung | Milch A | Milch C | Kartoffel B | Kartoffel D |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1:4 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1:8 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1:16 | +++ | +++ | 0 | +++ |
| | 1:32 | +++ | +++ | 0 | +++ |
| | 1:64 | +++ | +++ | 0 | +++ |
| | 1:128 | +++ | +++ | 0 | +++ |
| | 1:256 | 0 | +++ | 0 | ++ |
| | 1:512 | 0 | ++ | 0 | 0 |
| | 1:1024 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Taube E Milch, Taube F Kartoffel; sonst wie oben, aber die Injektion mit einem anderen Pyocyaneusstamm vorgenommen.

Taube E: 12. XI. 285 g, 20. XI. 275 g, 25. XI. 304 g.
» F: 12. XI. 315 g, 20. XI. 282 g, 25. XI. 307 g.

| 4. XII. | Verdünnung | Milch E | Kartoffel F |
|---|---|---|---|
| | 1: 4 | +++ | +++ |
| | 1: 8 | +++ | +++ |
| | 1:16 | +++ | 0 |
| | 1:32 | + | 0 |

Je 4 Tauben vom 8. X. ab einerseits mit gekochten Kartoffeln, anderseits mit Milch und trockener Semmel gefüttert. 15. X. je 2 ccm Pyocyaneusbouillon. Es starben je eine Taube beider Serien. 17. X. je 2 ccm, 20. X. je 3 ccm Pyocyaneus. 24. X Blutentnahme.

Taube A: 8. X. 331 g, 14. X. 337 g, 24. X. 310 g
» E: 8. X. 305 g, 14. X. 337 g, 24. X. 341 g } Milch.
» C: 8. X. 301 g, 14. X. 300 g, 24 X. 316 g
» B: 8. X. 341 g, 14. X. 343 g, 24. X. 271 g
» F: 8. X. 329 g, 14. X. 323 g, 24. X. 280 g } Kartoffel.
» K: 8. X. 323 g, 14. X. 305 g, 24. X. 319 g

| | Verdünnung | Milch A | Milch E | Milch C | Kartoffel B | Kartoffel F | Kartoffel K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20. X. | 1:5 | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ | ++ |
| | 1:10 | +++ | +++ | +++ | 0 | +++ | + |
| | 1:20 | +++ | +++ | ++ | 0 | ++ | 0 |
| | 1:40 | +++ | +++ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1:80 | +++ | +++ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1:160 | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1:320 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1:640 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | Verdünnung | Milch | | | Kartoffel | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A | E | C | B | F | K |
| 24. X. | 1 : 8 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | 0 |
| | 1 : 16 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | 0 |
| | 1 : 32 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | 0 |
| | 1 : 64 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | 0 |
| | 1 : 128 | +++ | +++ | ++ | 0 | ++ | 0 |
| | 1 : 256 | ++ | +++ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 512 | 0 | ++ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 1024 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Je 5 Tauben vom 20. IX. ab einerseits mit gekochten Kartoffeln, anderseits mit Milch und Semmel gefüttert. 26. IX. 6 ccm Pyocyaneus-Bouillonkultur intraperitoneal injiziert. Es starben 3 Tiere der Kartoffelserie, 2 der Milchserie in den ersten beiden Tagen nach der Injektion. 2. X. Injektion von 2 ccm Pyocyaneusbouillon, ebenso 5. X. Blutproben entnommen: 1. X., 5. X.

Taube C: 20. IX. 322 g, 5. X. 282 g
» E: 20. IX. 458 g, 5. X. 402 g } Milch.
» G: 20. IX. 328 g, 5. X. 324 g

» D: 20. IX. 316 g, 5. X. 315 g
» F: 20. IX. 425 g, 5. X. 418 g } Kartoffel.
» B: 20. IX. 241 g, 5. X. 232 g

| | Verdünnung | Milch | | | Kartoffel | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C | E | G | D | F | B |
| 1. X. | 1 : 10 | +++ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 20 | +++ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5. X. | 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 20 | +++ | + | +++ | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 40 | +++ | 0 | + | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 80 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Je 4 Tauben vom 28. X. ab mit Milch und Semmel bzw. gekochten Kartoffeln gefüttert. 5. XI. 2 ccm Pyocyaneuskultur (erwärmt). 8. XI. und 11. XI. je 3 ccm. Es starben 2 Kartoffeltauben und 1 Milchtaube. 13. XI. Blutentnahme.

Taube H: 28. X. 318 g, 5. XI. 330 g, 11. XI. 282 g } Milch.
» A: 28. X. 365 g, 5. XI. 390 g, 11. XI. 353 g

Taube E: 28. X. 337 g, 5. XI. 297 g, 11. XI. 240 g } Kartoffel.
» D: 27. X. 340 g, 5. XI. 280 g, 11. XI. 235 g }

| | Verdünnung | Milch | | Kartoffel | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | H | A | E | D |
| 13. XI. | 1:4 | +++ | +++ | 0 | +++ |
| | 1:8 | +++ | +++ | 0 | +++ |
| | 1:16 | +++ | ++ | 0 | ++ |
| | 1:32 | +++ | ++ | 0 | + |
| | 1:64 | +++ | 0 | 0 | 0 |
| | 1:128 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1:256 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1:512 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Vom 12. X. ab je 4 Tauben mit Milch und Semmel bzw. mit Kartoffeln gefüttert. 25. X. je 1,5 ccm Pyocyaneusbouillon, 28. X. 2 ccm, 1. XI. 2,5 ccm. 3. XI. Blutentnahme. Es starben vorher 2 Kartoffeltauben und 1 Milchtaube.

Taube C: 12. X. 300 g, 25. X. 305 g, 31. X. 263 g } Milch.
» E: 12. X. 258 g, 25. X. 233 g, 31. X. 233 g }

» D: 12. X. 275 g, 25. X. 250 g, 31. X. 233 g } Kartoffel.
» F: 12. X. 235 g, 25. X. 240 g, 31. X. 213 g }

| | Verdünnung | Milch | | Kartoffel | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | C | E | D | F |
| 31. X. | 1:4 | ++ | 0 | + | 0 |
| | 1:8 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1:16 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1:32 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1:64 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3. XI. | 1:4 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1:8 | +++ | +++ | +++ | + |
| | 1:16 | +++ | ++ | ++ | 0 |
| | 1:32 | +++ | 0 | 0 | 0 |
| | 1:64 | +++ | 0 | 0 | 0 |
| | 1:128 | + | 0 | 0 | 0 |
| | 1:256 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1:512 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Taube A vom 12. XI. ab Milch, B Kartoffeln. 25. XI. 1,5 ccm Pyocyaneus, 8. XI. und 1. XII. 2 ccm Pyocyaneus. 3. XII. Blutentnahme.

Taube A: 12. XI. 335 g, 25. XI. 285 g, 31. XI. 310 g.
» B: 12. XI. 320 g, 25. XI. 294 g, 31. XI. 260 g.

| | Verdünnung | Milch | Kartoffel |
|---|---|---|---|
| | | A | B |
| 3. XII. | 1:4 | +++ | +++ |
| | 1:8 | +++ | +++ |
| | 1:16 | +++ | +++ |
| | 1:32 | +++ | +++ |
| | 1:64 | +++ | +++ |
| | 1:128 | + | +++ |
| | 1:256 | 0 | +++ |
| | 1:512 | 0 | 0 |
| | 1:1024 | 0 | 0 |

Taube A und C vom 31. I. ab Kartoffel, B und D Milch. 2. III., 6. III und 9. III. 2,5 ccm Pyocyaneus. 11. III. Blutentnahme.

Taube A: 28. II. 490 g.
» C: 28 II. 345 g.
» B: 28. II. 497 g.
» D: 28. II. 348 g.

| | Verdünnung | Milch | | Kartoffel | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | B | D | A | C |
| 11. III. | 1:10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1:20 | +++ | +++ | +++ | ++ |
| | 1:40 | +++ | +++ | ++ | 0 |
| | 1:80 | +++ | +++ | + | 0 |
| | 1:160 | +++ | +++ | 0 | 0 |
| | 1:320 | +++ | + | 0 | 0 |
| | 1:640 | ++ | 0 | 0 | 0 |
| | 1:1280 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1:2560 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Proteus-Versuche.**

Tauben A, C und E vom 4. XII. ab mit Milch und Semmeln, B, D und F mit Kartoffeln gefüttert. 17. XII. 1,5 ccm Proteusbouillon, 20. XII. und 24. XII. 2 ccm. 27. XII. Blutentnahme.

Taube A: 5. XII. 215 g, 17. XII. 230 g
» C: 5. XII. 425 g, 17. XII. 437 g } Milch.
» E: 5. XII. 265 g, 17. XII. 297 g

» B: 5. XII. 225 g, 17. XII. 215 g
» D: 5. XII. 530 g, 17. XII. 475 g } Kartoffel.
» F: 5. XII. 280 g, 17. XII. 269 g

| | Verdünnung | Milchtiere | | | Kartoffeltiere | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A | C | E | B | D | F |
| 27. XII | 1 : 20 | 0 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | 0 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 80 | 0 | +++ | ++ | +++ | +++ | + |
| | 1 : 160 | 0 | ++ | + | +++ | +++ | 0 |
| | 1 : 320 | 0 | + | 0 | + | +++ | 0 |
| | 1 : 640 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | 0 |

Taube A vom 31. XII. ab Milch, B Kartoffeln. 13. I. 2 ccm Proteusbouillon. 19. I. und 22. I. 3 ccm Proteus. 25. I. Blutentnahme.

Taube A: 31. XII. 372 g, 13. I. 303 g Milch.
» B: 31. XII. 385 g, 13. I. 355 g Kartoffel.

| | Verdünnung | Milchtiere | Kartoffeltiere |
|---|---|---|---|
| | | A | B |
| 25. I | 1 : 10 | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | + | +++ |
| | 1 : 40 | 0 | +++ |
| | 1 : 80 | 0 | + |
| | 1 : 160 | 0 | 0 |
| | 1 : 320 | 0 | 0 |

Tauben A, C, E und G erhalten vom 5. XII. ab Kartoffeln, B, D, F und H Milch und Semmeln. 20. XII. 2 ccm Proteusbouillon, 24. XII. 2 ccm, ebenso 26. XII. 29. XII. Blutentnahme.

Taube A: 5. XII. 327 g, 20. XII. 290 g }
» C: 5. XII. 283 g, 20. XII. 308 g } Kartoffel.
» E: 5. XII. 255 g, 20. XII. 245 g }
» G: 5. XII. 323 g, 20. XII. 290 g }
» B: 5. XII. 295 g, 20. XII. 250 g }
» D: 5. XII. 250 g, 20. XII. 260 g } Milch.
» F: 5. XII. 237 g, 20. XII. 300 g }
» H: 5. XII. 342 g, 20. XII. 340 g }

| | Verdüng. | Milchtiere | | | | Kartoffeltiere | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | D | F | H | A | C | E | G |
| 29. XII. | 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ |
| | 1 : 80 | +++ | + | + | +++ | + | + | 0 | +++ |
| | 1 : 160 | + | 0 | 0 | +++ | 0 | + | 0 | + |
| | 1 : 320 | 0 | 0 | 0 | +++ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 640 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tauben A und C erhalten vom 31. I. ab Kartoffeln, B und D Milch. 24. II., 26. II. und 28. II. je 2 ccm Proteusbouillon. 30. II. Blutentnahme.

Taube A: 31. I. 449 g, 28. II. 450 g } Kartoffel.
» C: 31. I. 349 g, 28. II. 335 g }
» B: 31. I. 435 g, 28. II. 440 g
» D: 31. I. 350 g, 28. II. 380 g.

| | Verdünnung | Milch | | Kartoffel | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | B | D | A | C |
| 30. II. | 1:10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1:20 | +++ | 0 | +++ | ++ |
| | 1:40 | +++ | 0 | +++ | 0 |
| | 1:80 | ++ | 0 | +++ | 0 |
| | 1:160 | + | 0 | +++ | 0 |
| | 1:320 | 0 | 0 | +++ | 0 |
| | 1:640 | 0 | 0 | + | 0 |

Tauben A und C erhalten vom 3. I. ab Milch und Semmeln, B und D Kartoffeln. 14. I., 19. I. und 22. I. je 2 ccm Proteusbouillon. 24. I. Blutentnahme.

Taube A. 3. I. 450 g, 14. I. 510 g } Kartoffel.
» C: 3. I. 244 g, 14. I. 273 g }
» B: 3. I. 465 g, 14. I. 500 g } Milch.
» D: 3. I. 242 g, 14. I. 225 g }

| | Verdünnung | Milch | | Kartoffel | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | B | D | A | C |
| 24. I. | 1:10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1:20 | 0 | +++ | +++ | 0 |
| | 1:40 | 0 | ++ | + | 0 |
| | 1:80 | 0 | + | 0 | 0 |
| | 1:160 | 0 | + | 0 | 0 |
| | 1:320 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tauben A, C und E erhalten vom 31. XII. ab Kartoffeln, B, D und F Milch und Semmeln. 14. I., 19. I. und 22. I. je 2 ccm Proteusbouillon. 25. I. Blutentnahme.

Taube A: 31. XII. 349 g, 18. I. 340 g }
» C: 31. XII. 393 g, 18. I. 330 g } Kartoffel.
» E: 31. XII. 467 g, 18. I. 385 g }
» B: 31. XII. 357 g, 18. I. 325 g }
» D: 31. XII. 399 g, 18. I. 370 g } Milch.
» F: 31. XII. 442 g, 18. I. 420 g }

| | Verdünnung | Milch | | | Kartoffel | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | D | F | A | C | E |
| 25. I. | 1:10 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1:20 | +++ | +++ | +++ | + | 0 | +++ |
| | 1:40 | ++ | + | + | + | 0 | +++ |
| | 1:80 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | +++ |
| | 1:160 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1·320 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1:640 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Fütterungsversuche. (Übersichtstabelle.)**

a) Mit Milch und Semmeln. b) Mit Kartoffeln.

Bact. pyocyaneum.

| | | |
|---|---|---|
| $M > K$ | $M = K$ | $M < K$ |
| $M > K$ | | |
| $M > K$ | | |
| $M > K$ | | |
| $M > K$ | | |
| $M > K$ | | |
| $M > K$ | | |
| $M > K$ | | |
| $M > K$ | | |
| $M > K$ | | |
| $M > K$ | | |
| $M > K$ | | |
| $M > K$ | | |
| $M > K$ | | |

Durchschnittl. Verh. $\frac{M}{K}$

$$\frac{M}{K} = 7{,}4$$

Bact. proteus.

| | | |
|---|---|---|
| $M > K$ | $M = K$ | $M < K$ |
| $M > K$ | $M = K$ | $M < K$ |
| $M > K$ | $M = K$ | $M < K$ |
| $M > K$ | | $M < K$ |
| $M > K$ | | $M < K$ |
| $M > K$ | | $M < K$ |

Das Gesamtergebnis aller dieser Versuche findet sich noch einmal übersichtlicher in der vorstehenden Tabelle zusammengestellt. In derselben findet sich einmal angegeben, wie oft bei diesen Experimenten der Serumtiter bei den Milchtauben (M) gröfser, gleich oder kleiner gefunden wurde als bei den mit Kartoffeln gefütterten Tauben (K) und ist zweitens, wo dies über-

haupt angängig war, der Durchschnittswert des Verhältnisses $\frac{M}{K}$ notiert. Dieser Durchschnittswert wurde in der Weise erhalten, dafs für jedes der zusammengehörigen Taubenpaare das Verhältnis der ermittelten Agglutinationswerte berechnet, die hierbei gefundenen Zahlen addiert und deren Summe durch die Anzahl der Versuche, d. i. der verwendeten Taubenpaare, dividiert wurden.[1])

Das erste, was nun bei der Betrachtung dieser Übersichtstabelle in die Augen fällt, ist wohl sofort der grofse Unterschied, der zwischen den beiden, zur Immunisierung herangezogenen Bakterienarten besteht. Während nämlich bei den Versuchen mit Pyocyaneus das Agglutinationsvermögen im Serum der Milchtiere fast stets, d. i. unter 16 Fällen 14mal höher gefunden wurde als bei den Kartoffeltieren, und sich nur ein einziges Mal niedriger erwies, zeigten die Experimente mit Proteus ein ganz anderes Resultat. Hier waren unter 15 Versuchen 6mal die Milchtiere den Kartoffeltieren in bezug auf ihren Serumtiter überlegen, 6mal blieben sie jedoch in dieser Beziehung hinter denselben zurück, und 3mal bestand Gleichheit der Agglutinationswerte bei den beiden einander entsprechenden Tierreihen.

Demgemäfs hatte also die Art der Fütterung keinen mit Sicherheit konstatierbaren Einflufs auf die Immunisierung gegen Proteus ausgeübt. Bei Immunisierung gegen Pyocyaneus hingegen war ein solcher Einflufs aufserordentlich deutlich zutage

1) In der vorläufigen Mitteilung dieser Versuche, welche in der Wiener klin. Wochenschr., 1904, Nr. 11 erfolgte, wurden diese Durchschnittswerte von $\frac{M}{K}$ in anderer Weise berechnet. Es wurden nämlich die Titer aller Milchtauben und aller Kartoffeltauben gesondert addiert, und deren Durchschnitt zueinander ins Verhältnis gesetzt. Während also bei dieser Berechnungsart das Verhältnis der durchschnittlichen Agglutinationswerte gewonnen wird, gibt uns der oben beschriebene Rechnungsmodus den Durchschnitt der für jedes einzelne Taubenpaar beobachteten Verhältniszahlen. Es scheint mir diese letztere Art der Berechnung rationeller und vorteilhafter zu sein als die in der vorläufigen Mitteilung gebrauchte.

getreten und hatte sich auch in dem Werte des Quotienten $\frac{M}{K}$ ausgeprägt, der 7,4 betrug, derart, dafs also die Milchtiere durchschnittlich fast siebeneinhalbmal soviel Agglutinine produziert hatten als die Kartoffeltiere.[1])

Dieses Resultat steht in bester Übereinstimmung mit den Erfahrungen, die wir, wie eingangs erwähnt, bereits bei unseren Hungerversuchen zu machen Gelegenheit hatten, und welche uns lehren, dafs die Alteration der Antikörperproduktion, die durch verschiedenartige Eingriffe in das Stoffwechselgetriebe des Organismus gesetzt wird, nicht nur von der Art dieses Eingriffs selbst abhängig erscheint, sondern auch durch die besondere Natur der Mikroorganismen bzw. derjenigen Substanzen bestimmt wird, welche zu der Entstehung der Antikörper Veranlassung geben.

### III. Einflufs des Phloridzindiabetes.

Bekanntlich zeigen Personen, welche an Diabetes mellitus leiden, eine ganz besonders hervorragende Disposition zu den verschiedensten infektiösen Erkrankungen. Abgesehen davon, dafs schon geringfügige Wunden und Verletzungen bei denselben nicht selten zum Ausgangspunkte langwieriger Eiterungen, von Erysipelen und anderen Wundinfektionskrankheiten dienen, unterliegen diese Kranken ganz besonders gewissen akuten und chronischen Infektionsprozessen, unter welchen, wie allgemein bekannt, die Tuberkulose die hervorragendste Rolle spielt. Nach einer kleinen Statistik, die Honl publiziert hat[2]), wurde bei 29 Diabetesleichen 12 mal, d. i. also in 41,3 % der Fälle, Tuberkulose als Komplikation festgestellt; 7 mal (also in 29,1 % der Fälle) fand sich krupöse Pneumonie.

---

1) Für die Versuche mit Proteus, bei welchen $\frac{M}{K}$ ebensooft gröfser als 1 war, wie kleiner als 1, ist aus leicht einzusehenden Gründen eine Durchschnittsberechnung dieses Quotienten untunlich und wurde daher unterlassen.

2) Časopis lékařův Českých, 1897; Ref. Centralbl. f. Bakt., 1897, Bd. 22

Diese beträchtliche Resistenzverminderung, welche somit der Organismus des Diabetikers aufweist, hat begreiflicherweise bereits seit langem das Interesse sowohl der Kliniker wie der Immunitätsforscher erregt, und man hat sich daher mehrfach bemüht, dieselbe auch im Tierexperimente näher zu studieren.

Die beste Handhabe bot hierzu die von v. Mering[1]) entdeckte Eigenschaft des Phloridzins, bei Tieren und Menschen nach intrastomachaler oder auch subkutaner Applikationsweise eine bedeutende Zuckerausscheidung hervorzurufen. Es kann natürlich nicht unsere Aufgabe sein, an dieser Stelle näher auf den Mechanismus bzw. Chemismus der Phloridzinwirkung einzugehen. Sicher ist jedenfalls, dafs mit derselben eine hochgradige Alteration der Stoffwechselvorgänge verbunden sein mufs, welche u. a. auch darin zum Ausdruck kommt, dafs, wie Kraus[2]) gefunden hat, bei phloridzinvergifteten Mäusen der Leucingehalt des ganzen Organismus sehr beträchtlich reduziert erscheint. Der erste, der nun den Versuch machte, durch Phloridzinfütterung einen normalerweise immunen Organismus für gewisse Krankheitserreger empfänglich zu machen, war Leo[3]). Während es jedoch diesem Forscher nicht gelang, die Immunität der Ratten gegen Milzbrand, und die der weifsen Mäuse gegen den Tuberkelbacillus auf diese Weise zu brechen, indem seine Experimente zum Teil an nebensächlichen technischen Schwierigkeiten scheiterten, konnten weifse Mäuse, die bekanntlich für den Rotzbacillus im Gegensatz zu den Feldmäusen vollkommen unempfindlich sind, durch Fütterung mit phloridzinhaltigen Kakes für diesen Mikroorganismus empfänglich gemacht werden. Während von 48 normalen Kontrolltieren, welche mit Rotz geimpft und bei phloridzinfreier Nahrung gehalten wurden, kein einziges erkrankte, gingen von 49 Phloridzintieren 47 ein, wobei die Mehrzahl derselben schon bei makroskopischer Besichtigung typische Rotzknötchen in Leber oder Milz zeigte. In den meisten Fällen gelang es auch, die Bazillen ohne Schwierigkeit aus den

1) Verh. d. Kongr. f. innere Medizin, 1887; Zeitschr. f. klin. Med., Bd. 14.
2) Berliner klin. Wochenschr., 1903.
3) Zeitschr. f. Hygiene, Bd. 7, 1889.

genannten Organen zu isolieren, während dies bei den Kontrolltieren niemals möglich war. Es konnte somit keinem Zweifel unterliegen, dafs in der Tat die weifsen Mäuse unter dem Einflufs der Phloridzinfütterung ihre Immunität gegen Rotz vollkommen eingebüfst hatten.

Weitere Versuche in ähnlicher Richtung hat dann Preifs[1]) angestellt, der Meerschweinchen, welche durch Nahrungsentziehung und gleichzeitige Phloridzinfütterung geschwächt worden waren, der Inhalation von verspraytem tuberkulösen Sputum aussetzte und dabei beobachten konnte, dafs die Lungen und Bronchialdrüsen dieser Tiere weit ausgedehntere Veränderungen aufwiesen als die entsprechenden Organe der normalen, in gleicher Weise infizierten Kontrolltiere. Endlich hat Honl in der bereits früher erwähnten Arbeit gezeigt, dafs man die Immunität der Kaninchen gegenüber dem Friedländerschen Pneumobacillus durch Phloridzinfütterung vernichten kann, derart, dafs die mit demselben infizierten Tiere schon binnen 8 Stunden septisch zugrunde gehen, während die Kontrolltiere vollkommen gesund bleiben.

Wie sich die Produktion der Antikörper bei den phloridzinvergifteten Tieren verhält, darüber konnte ich keine Angaben in der Literatur auffinden.

Meine Versuche wurden folgendermafsen angestellt. Den Versuchstieren — es wurden wieder Tauben verwendet — wurde das Phloridzin in Gelatinekapseln beigebracht, welche durchschnittlich je 0,29—0,3 g des Glykosids enthielten, und welche, besonders wenn man mit dem Finger leicht nachhalf, ohne Schwierigkeit von denselben geschluckt wurden. Die Phloridzinfütterung begann 3—6 Tage vor der ersten Bakterieneinspritzung, und zwar erhielten die Tiere täglich je drei der erwähnten Gelatinekapseln. Nur an den Tagen, an welchen die Injektion vorgenommen wurde, mufste die tägliche Menge des verabreichten Glykosids auf 1—2 Kapseln herabgesetzt werden. Im übrigen war die Versuchsanordnung in jeder Beziehung genau

1) Münchner med. Wochenschr., 1891.

dieselbe wie bei den im vorigen Abschnitte geschilderten Experimenten, so dafs dieselbe also hier nicht eingehender besprochen zu werden braucht. Die Ergebnisse finden sich in den nachfolgenden Protokollen verzeichnet.

**Phloridzinversuche. (Pyocyaneus.)**

Taube I (a): 324 g, » II (b): 384 g } Phloridzin vom 29. II. ab; 6. III., 9. III. und 11. III. je 2 ccm Pyocyaneusbouillon intraperitoneal.
» III (a): 322 g, » IV (b): 389 g } Kontrolle; 6. III., 9. III. und 11. III. je 2 ccm Pyocyaneusbouillon intraperitoneal.
Blutentnahme 13. III.

| Verdünnung | Phloridzin | | Kontrolle | |
|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV |
| 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 40 | +++ | ++ | +++ | +++ |
| 1 : 80 | ++ | 0 | +++ | +++ |
| 1 : 160 | + | 0 | +++ | +++ |
| 1 : 320 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| 1 : 640 | 0 | 0 | +++ | + |
| 1 : 1280 | 0 | 0 | + | 0 |

Taube V (a)[1]: 27. III. 440 g, 2. IV. 410 g, 10. IV. 355 g, » VI (b): 27. III. 345 g, 2. IV. 325 g, 10. IV. 285 g } Phloridzin vom 27. III. ab.
» VII (a): 27. III. 420 g, 2. IV. 435 g, 10. IV. 380 g, » VIII (b): 27. III. 325 g, 2. IV. 325 g, 10. IV. 285 g } Kontrolle.

Beide Gruppen: 2. IV., 6. IV. und 8. IV. je 2,5 ccm Pyocyaneusbouillon. Blutentnahme 10. IV.

| Verdünnung | Phloridzin | | Kontrolle | |
|---|---|---|---|---|
| | V | VI | VII | VIII |
| 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 40 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 80 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 160 | +++ | ++ | +++ | +++ |
| 1 : 320 | ++ | 0 | +++ | +++ |
| 1 : 640 | 0 | 0 | ++ | + |
| 1 : 1280 | 0 | 0 | 0 | 0 |

1) Die eingeklammerten Buchstaben neben den laufenden Nummern der Versuchstiere geben an, welche Tiere dem Gewicht nach zusammengehören. So entsprechen einander also z. B. V a und VII a, VI b und VIII b usw.

Taube IX: 2. V. 410 g, 9. V. 375 g; vom 2. V. ab Phloridzin.
» X: 2. V. 370 g, 9. V. 380 g; Kontrolle.

Beide 9. V., 12. V. und 15 V. je 2 ccm Pyocyaneusbouillon. Blutentnahme 17. V.

| Verdünnung | Phloridzin | Kontrolle |
|---|---|---|
| | IX | X |
| 1 : 10 | +++ | +++ |
| 1 : 20 | +++ | +++ |
| 1 : 40 | ++ | +++ |
| 1 : 80 | 0 | +++ |
| 1 : 160 | 0 | +++ |
| 1 : 320 | 0 | +++ |
| 1 : 640 | 0 | ++ |
| 1 : 1280 | 0 | ++ |

Taube XI (a): 15. V. 340 g } Phloridzin vom 15. V. ab.
» XII (b): 15. V. 275 g }
» XIII (a): 15. V. 345 g } Kontrolle.
» XIV (b): 15. V. 275 g }

Beide Serien am 21. V., 24. V. und 26. V. je 2 ccm Pyocyaneusbouillon. Blutentnahme 28. V.

| Verdünnung | Phloridzin | | Kontrolle | |
|---|---|---|---|---|
| | XI | XII | XIII | XIV |
| 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 40 | + | +++ | + | +++ |
| 1 : 80 | 0 | ++ | 0 | +++ |
| 1 : 160 | 0 | 0 | 0 | ++ |
| 1 : 320 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Taube XV: 28. V. 385 g, 7. VI. 320 g } vom 28. V. ab Phloridzin.
» XVI: 28. V. 475 g, 7. VI. 395 g }
» XVII: 28. V. 390 g, 7. VI. 340 g } Kontrolle.
» XVIII: 28. V. 475 g, 7. VI. 450 g }

Beide Serien erhalten am 31. V. 1,5 ccm, am 2. VI. und 5. VI. 3 ccm Pyocyaneuskultur. Blutentnahme 7. VI.

| Verdünnung | Phloridzin | | Kontrolle | |
|---|---|---|---|---|
| | XV | XVI | XVII | XVIII |
| 1 : 4 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| 1 : 8 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| 1 : 16 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| 1 : 32 | 0 | 0 | ++ | +++ |
| 1 : 64 | 0 | 0 | 0 | ++ |
| 1 : 128 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Taube XIX: 29. V. 305 g, 9. VI. 250 g } vom 30. V. ab Phloridzin.
» XX: 29. V. 255 g, 9. VI. 210 g }
» XXI: 29. V. 300 g, 9. VI. 300 g } Kontrolle.
» XXII: 29. V. 255 g, 9. VI. 258 g }

Beide Serien erhalten am 2. VI. 1,5 ccm, 5. VI. und 7. VI. 3 ccm Pyocyaneuskultur. Blutentnahme 9. VI.

| Verdünnung | Phloridzin | | Kontrolle | |
|---|---|---|---|---|
| | XIX | XX | XXI | XXII |
| 1:4 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| 1:8 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| 1:16 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| 1:32 | 0 | 0 | +++ | ++ |
| 1:64 | 0 | 0 | ++ | 0 |
| 1:128 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Taube XXIII: 29. V. 315 g, 10. VI. 314 g; vom 31. V. ab Phloridzin.
» XXIV: 29. V. 335 g, 10. VI. 335 g; Kontrolle.

Beide Tiere erhalten am 3. VI. 1,5 ccm, am 6. und 8. VI. 3 ccm Pyocyankultur. Blutentnahme 10. VI.

| Verdünnung | Phloridzin | Kontrolle |
|---|---|---|
| | XXIII | XXIV |
| 1:4 | +++ | +++ |
| 1:8 | +++ | +++ |
| 1:16 | + | +++ |
| 1:32 | 0 | + |
| 1:64 | 0 | 0 |
| 1:128 | 0 | 0 |

**Phloridzinversuche. (Proteus.)**

Taube I: 29. V. 365 g, 16. VI. 325 g } vom 7. VI. ab Phloridzin.
» II: 29. V. 305 g, 16. VI. 272 g }
» III: 29. V. 365 g, 16. VI. 300 g } Kontrolle.
» IV: 29. V. 290 g, 16. VI. 272 g }

Alle Tiere erhalten am 10. VI. 1,5 ccm Proteusbouillon, 12. VI. und 14. VI. 2,5 ccm. 16. VI. Blutentnahme.

| Verdünnung | Phloridzin | | Kontrolle | |
|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV |
| 1:10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1:20 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1:40 | +++ | +++ | ++ | + |
| 1:80 | +++ | +++ | 0 | 0 |
| 1:160 | ++ | +++ | 0 | 0 |
| 1:320 | + | + | 0 | 0 |

Taube V: 29. V. 345 g, 17. VI. 310 g } vom 8. VI. ab Phloridzin.
» VI: 29. V. 435 g, 17. VI. 362 g }
» VII: 29. V. 345 g, 17. VI. 333 g } Kontrollen.
» VIII: 29. V. 430 g, 17. VI. 372 g }

Alle Tiere erhalten am 11. VI. 1,5 ccm Proteusbouillon, am 13. VI. und 15. VI. 2,5 ccm. Blutentnahme 17. VI.

| Verdünnung | Phloridzin | | Kontrolle | |
|---|---|---|---|---|
| | V | VI | VII | VIII |
| 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 40 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 80 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 160 | + | + | +++ | +++ |
| 1 : 320 | 0 | 0 | 0 | +++ |
| 1 : 640 | 0 | 0 | 0 | + |

Taube IX: 1. VI. 320 g, 27. VI. 230 g }
» X: 1. VI. 280 g, 27. VI. 215 g } vom 17. VI. ab Phloridzin.
» XI: 1. VI. 265 g, 27. VI. 235 g }
» XII: 1. VI. 325 g, 27. VI. 265 g }
» XIII: 1. VI. 275 g, 27. VI. 265 g } Kontrollen.
» XIV: 1. VI. 260 g, 27. VI. 260 g }

Alle Tiere erhalten am 20. VI. 1,5 ccm Proteusbouillon, am 22. VI. und 25. VI. 2,5 ccm. 27. VI. Blutentnahme.

| Verdünnung | Phloridzin | | | Kontrolle | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | IX | X | XI | XII | XIII | XIV |
| 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 40 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 80 | +++ | ++ | +++ | 0 | +++ | +++ |
| 1 : 160 | +++ | 0 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| 1 : 320 | +++ | 0 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| 1 : 640 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | +++ |

Taube XV: 1. VI. 355 g, 27. VI. 315 g }
» XVI: 1. VI. 294 g, 27. VI. 245 g } vom 17. VI. ab Phloridzin.
» XVII: 1. VI. 538 g, 27. VI. 410 g }
» XVIII: 1. VI. 350 g, 27. VI. 265 g }
» XIX: 1. VI. 300 g, 27. VI. 265 g } Kontrollen.
» XX: 1. VI. 415 g, 27. VI. 440 g }

Alle Tiere erhalten am 20. VI. 2 ccm Proteusbouillon, am 22. VI. und 25. VI. 3 ccm. Blutentnahme 27. VI.

| Verdünnung | Phloridzin | | | Kontrolle | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | XV | XVI | XVII | XVIII | XIX | XX |
| 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 40 | + | +++ | +++ | +++ | + | +++ |
| 1 : 80 | 0 | +++ | +++ | ++ | 0 | +++ |
| 1 : 160 | 0 | +++ | +++ | 0 | 0 | 0 |
| 1 : 320 | 0 | 0 | +++ | 0 | 0 | 0 |
| 1 : 640 | 0 | 0 | ++ | 0 | 0 | 0 |

**Phloridzinversuche. (Übersichtstabelle.)**

Pyocyaneus.

P < C P = C
P < C
P < C
P < C
P < C Durchschnittliches Verhältnis $\frac{C}{P}$
P < C
P < C $\frac{C}{P} = 8{,}9$
P < C
P < C
P < C

Proteus.

P < C P > C
P < C P > C
P < C P > C
P < C P > C
P < C P > C

Das in obiger Übersichtstabelle zusammengestellte Ergebnis unserer Phloridzinversuche zeigt eine grofse Analogie mit den im vorigen Abschnitte mitgeteilten Fütterungsversuchen. Wie dort, so ist auch hier ein sicherer Einflufs auf die Produktion der Antikörper gegenüber dem Bac. Proteus nicht zu konstatieren. Vielmehr waren unter 10 Versuchen 5 mal die Phloridzintiere in bezug auf den Agglutinationstiter ihres Blutserums den Kontrolltieren überlegen, 5 mal dagegen war das Verhältnis gerade das umgekehrte.

Im Gegensatz hierzu hatte die Phloridzinfütterung auf die Immunisierung gegen Bac. pyocyaneus einen

sehr entschiedenen Einflufs genommen. Unter 11 Versuchen wurde kein einziges Mal bei den Phloridzintieren ein höherer Agglutinationswert beobachtet als bei ihren Partnern, und nur einmal bestand Gleichheit der Serumtiter. Dementsprechend hatte auch der Quotient $\frac{C}{P}$ den Wert 8 · 9, mit anderen Worten, die Phloridzintiere hatten nur etwa den neunten Teil der Agglutininmenge produziert, welche die Kontrolltiere geliefert hatten.

Worauf nun dieser grofse Unterschied zwischen dem Verhalten des Proteus und des Pyocyaneus beruht, darüber sind nicht einmal Vermutungen möglich. Ich möchte aber doch auf eine bei diesen Experimenten beobachtete Tatsache hinweisen, welche vielleicht mit dem abweichenden Verhalten der beiden Bakterienarten zusammenhängen könnte. Während nämlich bei den Immunisierungsversuchen mit Proteus die Sterblichkeit der Phloridzintiere eine recht geringe war, derart dafs von 13 derselben nur 3 zugrunde gingen, waren die Verluste bei den Versuchen mit Pyocyaneus ganz kolossale und es gelang wiederholt kaum, mehr als ein Viertel derselben bis zum Abschlufs des Experiments am Leben zu erhalten. Die Kontrolltiere zeigten dagegen in beiden Fällen nur eine ganz minimale Sterblichkeit. Jedenfalls besteht also auch in dieser Beziehung ein deutlicher Unterschied zwischen den beiden genannten Bakterienspezies, und es ist, wie bereits angedeutet, nicht ganz undenkbar, dafs derselbe mit dem abweichenden Ergebnisse der Immunisierungsversuche in irgend einer Beziehung steht.

## IV. Einflufs der Alkoholbehandlung.

Über die Einwirkung des Alkohols auf die Widerstandsfähigkeit des Organismus gegenüber verschiedenen Bakterienarten und ihren Toxinen liegen — abgesehen von den mannigfaltigen klinischen Erfahrungen — auch eine Reihe interessanter experimenteller Tatsachen vor, welche fast einhellig nach derselben Richtung hindeuten.

Thomas[1]) hat, an die allbekannte Tatsache anknüpfend, dafs zur Zeit von Choleraepidemien diejenigen Leute mit Vorliebe der Erkrankung zum Opfer fallen, welche sich Exzessen, besonders in geistigen Getränken hingeben, den Versuch gemacht, die prädisponierende Rolle des Alkohols auch im Tierexperiment nachzuweisen. In elf derartigen Versuchen, bei welchen den Alkoholtieren wie den normalen Kontrolltieren wechselnde Mengen einer Cholerakultur in die Ohrvene eingespritzt wurden, konnte nun in der Tat festgestellt werden, dafs die tödliche Maximaldosis für diejenigen Tiere, welche Alkohol bekommen hatten, zwischen 0,05—0,06 ccm, für die Kontrolltiere hingegen zwischen 0,34—0,36 ccm schwankte, so dafs also die Disposition zur Erkrankung unter dem Einflusse grofser, berauschend wirkender Alkoholdosen etwa auf das Sechsfache ihres normalen Betrages gestiegen war.

Thomas weist darauf hin, dafs auch Koch und Doyen bei ihren Versuchen über die experimentelle Erzeugung der Cholera sich bereits mit Erfolg der Alkoholeinwirkung bedient hatten, um die natürliche Resistenz der Versuchstiere zu brechen, wobei allerdings die Applikation der Vibrionen nicht intravenös, sondern intrastomachal erfolgte.

Da Doyen nach Einführung stark reizender und entzündungserregender Substanzen, wie Krotonöl, Bittersalz und Kantharidenpulver, in den Verdauungstrakt keine wesentliche Steigerung der Choleraempfänglichkeit konstatieren konnte, und da ferner der Alkohol auch in starken Verdünnungen, bei welcher jede stärkere Reizung der Schleimhaut des Intestinaltraktes so gut wie ausgeschlossen war, nichts von seiner prädisponierenden Wirkung einbüfste, so mufste die vielleicht naheliegende Vermutung, dafs das hauptsächlichste Moment der Alkoholwirkung in einer Schädigung des Verdauungskanals gelegen sei, entschieden zurückgewiesen werden. Thomas sucht daher andere durch den Alkoholgenufs bedingte Störungen im Stoffwechselgetriebe des Organismus zur Erklärung der gesteigerten Empfänglichkeit für den Choleravibrio heranzuziehen. Er verweist hierbei zunächst

1) Archiv f. experim. Pathol., Bd. 32, 1903.

auf die Herabsetzung der Stickstoffausscheidung, welche unter dem Einflusse grofser Alkoholdosen zu konstatieren sei, auf die Schädigung gewisser Zellterritorien, auf die Lähmung der Vasokonstriktoren und endlich auf die Abnahme der bakteriziden Eigenschaften des Blutes bzw. Blutserums, welche er durch besondere Experimente feststellen konnte.

Weiterhin haben Valagussa und Ranelleti[1]) den Nachweis erbracht, dafs die Vorbehandlung mit Alkohol auch die Empfänglichkeit der Versuchstiere gegenüber dem Diphtherietoxin sehr wesentlich zu erhöhen vermag, und endlich hat Abbott[2]) den Einflufs der Alkoholisierung auf die Infektion mit Bact. Coli, mit Staphylokokken und Streptokokken einem eingehenden Studium unterzogen. Es fand sich hierbei, dafs die tägliche Verabreichung von Alkohol bis zur akuten Intoxikation Kaninchen gegen die Streptokokkeninfektion sehr wesentlich empfänglicher macht. Weniger ausgesprochen waren dagegen die Resultate bei der Infektion und Intoxikation mit Bact. Coli und zweifelhaft bei der Infektion mit den Staphylokokken, wenngleich auch in diesem Falle die bei den Alkoholtieren entstandenen Miliarabszesse entschieden deutlicher ausgeprägt waren als bei den nicht alkoholisierten Kontrolltieren.

Die umfangreichsten und sorgfältigsten Studien über die Einwirkung des Alkohols auf die Empfänglichkeit der Versuchstiere gegenüber Infektionsstoffen verdanken wir jedoch Laitinen[3]). Zu seinen Versuchen dienten Hunde, Kaninchen, Meerschweinchen, Hühner und Tauben. Zur Infektion dieser Tiere wurden verwendet: Milzbrandbazillen, Tuberkelbazillen und das Toxin des Diphtheriebazillus. Der Alkohol endlich wurde zum Teil mittels Schlundsonde in den Magen eingebracht, zum Teil aber von den Tieren nach einiger Gewöhnung freiwillig geschluckt, wenn derselbe mittels einer Pipette vorsichtig und tropfenweise

1) Ann. d'Igiene sperim. Vol. IX; zit. nach Baumgartens Jahresbericht.

2) Journ. of exper. Med. Vol. I, Nr. 3; zitiert nach Baumgartens Jahresbericht.

3) Zeitschr. f. Hygiene, 1900, Bd. 34.

in das Maul bzw. den Schnabel eingeflöfst wurde. Die Alkoholbehandlung geschah bald vor, bald nach der Infektion; teils in Form einiger weniger aber starker Dosen, teils in vielen über längere Zeit, Wochen und Monate hin fortgesetzten, allmählich ansteigenden Gaben, derart, dafs also neben der akuten Alkoholvergiftung auch die chronische in das Bereich der Untersuchung mit einbezogen wurde. Das Ergebnis dieser zahlreichen Versuche — es kamen im ganzen 342 Tiere in Verwendung — war vollkommen eindeutig und lautete dahin, dafs der Alkohol unter allen Umständen eine deutliche und meist recht erhebliche Steigerung der Empfänglichkeit für künstliche Infektionen hervorruft, welche sich darin äufsert, dafs die alkoholisierten Versuchstiere da zugrunde gehen, wo die normalen Kontrolltiere am Leben bleiben, oder dafs wenigstens der tötliche Ausgang bei den ersteren eine ganz beträchtliche Beschleunigung erfährt. Angesichts dieser experimentellen Ergebnisse steht daher Laitinen nicht an, zu betonen, dafs die in früherer Zeit vielfach sehr beliebte Verwendung grofser Alkoholdosen bei der Behandlung infektiöser Erkrankungen des Menschen in den Beobachtungen am Tiere zum mindesten keine Stütze findet.

Im Anschlufs an die Arbeit von Laitinen hat Goldberg[1]) die Einwirkung des Alkohols auf die natürliche Immunität der Tauben gegen Milzbrand und auf den Verlauf der Milzbrandinfektion experimentell studiert, und ist im Prinzipe zu genau dem gleichen Ergebnisse gelangt. In den ersten seiner drei Versuchsreihen wurden den Tauben relativ grofse Mengen von Branntwein mittels weicher Sonde in den Kropf eingegossen, und zwar entweder nur ein einziges Mal, im Momente der Infektion mit der entsprechenden Menge der Anthraxkultur oder aber zu wiederholten Malen im Verlauf mehrerer Tage nach der Infektion. Von 13 Kontrolltauben ging hierbei nur eine einzige an Milzbrand zugrunde, während von den 15 alkoholisierten Tauben nur 3 am Leben blieben. Es ist somit durch diese Ver-

1) Centralbl. f. Bakt., Bd. 30, 1901.

suche zweifellos erwiesen, dafs man die natürliche Milzbrandimmunität der Taube durch grofse Alkoholdosen erheblich herabsetzen kann. Denselben Effekt hatte auch die chronische Alkoholvergiftung dieser Tiere, welche durch wochen- und monatelang fortgesetzte kleine Alkoholdosen erzeugt wurde, und welche besonders dann zu einer Resistenzverminderung gegenüber dem Anthraxbacillus führte, wenn sich bereits Degenerationen innerer Organe einzustellen begannen. Endlich konnte Goldberg feststellen, dafs auch kleine Alkoholdosen, welche den bereits mit Milzbrand tödlich infizierten Tauben verabreicht werden, nicht imstande sind, die Tiere vor dem Tode zu erretten, ja sogar häufig dessen Eintreten beschleunigen. Auch Goldberg kommt daher, ganz ähnlich wie Laitinen, zu dem Schlusse, »dafs die larga manu geübte Behandlung sämtlicher infektiöser Kranker mit Alkohol wohl kaum von wesentlichem Nutzen sein kann.«

Während die bisher angeführten Arbeiten, wie wir gesehen haben, sich fast ausschliefslich die Aufgabe gestellt hatten, den Einflufs des Alkohols auf die Disposition für gewisse infektiöse Erkrankungen zu ermitteln, gingen die nun zu besprechenden Forschungen von etwas anderen Fragestellungen aus.

Deléarde[1]) suchte nämlich festzustellen, ob es möglich sei, Kaninchen, welche unter dauernder Alkoholeinwirkung stehen, in ähnlicher Weise gegen Bakterien und ihre giftigen Stoffwechselprodukte zu immunisieren, wie dies bei normalen Versuchstieren ohne Schwierigkeit gelingt.

Das Ergebnis dieser interessanten Versuche läfst sich dahin zusammenfassen, dafs die während der Alkoholbehandlung mit Anthraxbazillen, mit dem Gifte der Hundswut und mit Tetanustoxin geimpften Tiere keine Immunität gegen diese Krankheitsstoffe erlangen, ja dafs selbst bereits gegen Tetanus immunisierte Kaninchen ihre Immunität unter dem Einflusse der nachträglichen Alkoholbehandlung rasch wieder verlieren können. Auch an diesen Experimenten von Deléarde tritt somit die Resistenz vermindernde Einwirkung des Alkohols aufserordentlich deutlich in Erscheinung. Dasselbe gilt von Versuchen von Abbott und

1) Annales de l'Inst. Pasteur, T. XI, 1897.

Bergey[1]), welche zeigen konnten, dafs gegen Ochsenblut immunisierte Meerschweinchen durch fortgesetzte Alkoholzufuhr eine rasche Verminderung der in ihrem Blutserum enthaltenen hämolytischen Substanzen erfahren, welche sich sowohl auf das Komplement als auf die spezifischen Amboceptoren bezieht, und dafs es fast unmöglich ist, alkoholisierte Tiere gegen Erythrocyten zu immunisieren, indem dieselben meist schon nach wenigen, für normale Individuen vollkommen unschädlichen Bluteinspritzungen zugrunde gingen. Die Verfasser beziehen diese grofse Empfindlichkeit der Alkoholtiere gegen die fremde Blutart auf den von ihnen nachgewiesenen geringeren Komplementgehalt ihres Serums. Versuche über die bakteriolytischen Eigenschaften des Serums der alkoholisierten Meerschweinchen führten jedoch — im Gegensatz zu den erwähnten Experimenten von Thomas — nicht zu einheitlichen Ergebnissen, so dafs Abbott und Bergey darauf verzichten, aus denselben irgend welche weitergehenden Schlüsse abzuleiten.

Endlich hat Friedberger[2]) in einem Vortrag auf dem Brüsseler Kongrefs und in einer ungefähr gleichzeitig mit meiner eigenen vorläufigen Mitteilung[3]) erschienenen Arbeit über Immunisierungsversuche an alkoholisierten Tieren berichtet. Die Impfung der Versuchstiere geschah intravenös und zwar mit geringen Mengen einer zur Auslösung der immunisierenden Reaktion besonders geeigneten Cholerakultur. Bei der einen Reihe von Versuchen wurde hierbei die Infektion auf der Höhe der Alkoholvergiftung vorgenommen, bei einer zweiten Serie hingegen wurde die längere Zeit hindurch fortgesetzte Alkoholbehandlung einige Tage vor der Impfung eingestellt. Die Serumentnahme fand etwa 8 Tage nach der Einspritzung der Vibrionen statt, worauf der Titer des gewonnenen Serums in der Weise ermittelt wurde, dafs diejenige Quantität desselben bestimmt wurde, welche eben noch ausreichte, um ein Meerschweinchen gegen die 10fache tödliche Dosis der Choleravibrionen zu schützen.

1) Centralbl. f. Bakt., 1902, Bd. 32.
2) Berliner klin. Wochenschr., 1904, Nr. 10.
3) Wiener klin. Wochenschr., 1904, Nr. 11.

Bei diesen Versuchen fand sich nun, dafs die Produktion der Antikörper bei einmaliger Verabreichung einer berauschenden Alkoholdosis und gleichzeitiger Infektion mit den Vibrionen um das 2,5 fache gesteigert war. Dagegen hatte sich dies Verhältnis bei den chronisch mit Alkohol vergifteten Tieren vollkommen umgekehrt, indem hier die Alkoholtiere weit hinter den Kontrolltieren zurückgeblieben waren, derart dafs die letzteren etwa 16 mal soviel Schutzsubstanzen produziert hatten als die ersteren.

Im Gegensatz zu den früher aufgeführten Autoren ist daher Friedberger der Ansicht, dafs die Alkoholtherapie der akuten Infektionskrankheiten, wenigstens in den ersten Stadien der Erkrankung, denn doch nicht jeder rationellen Grundlage entbehre. —

Was nun meine eigenen Versuche mit alkoholisierten Tieren betrifft, so wurden dieselben ausschliefslich mit Kaninchen angestellt, welchen der Alkohol in Form einer 50 proz. Lösung unter die Haut des Rückens gespritzt wurde. Zur Immunisierung diente der Typhusstamm des Laboratoriums, von welchem die Menge von 2—3 ccm bei 55° abgetöteter Bouillonkultur hinreichte, um bei intraperitonealer Applikationsweise nach 2—4 Tagen deutliche Agglutininmengen im Blutserum dieser Tiere entstehen zu lassen. Die erste Alkoholdosis erhielten die Kaninchen etwa 1 Stunde vor der Einverleibung der Typhuskultur, die zweite etwa eine Stunde danach. Auch an den folgenden Tagen wurden die Alkoholinfektionen noch weiter fortgesetzt, und zwar derart, dafs die gesamte Menge, welche die Kaninchen im Laufe des 4 Tage währenden Versuches erhielten, etwa 30—40 ccm absoluten Alkohols betrug. Am 4. Tag nach der Typhusinjektion wurde dann aus der Ohrvene der Tiere eine Blutprobe entnommen und mit dem abgeschiedenen Serum in der üblichen Weise die Agglutinationsreaktion angestellt. Meist wurde die letztere dann noch einige Tage weiter verfolgt, um zu ermitteln, ob sich nicht nachträglich noch eine Verschiebung des Titerverhältnisses bei den Alkoholtieren und den Kontrolltieren einstelle, was allerdings bei diesen Versuchen niemals zur Beobachtung kam.

Ich lasse nun meine Versuchsprotokolle folgen.

**Alkoholversuche.**

Kaninchen I (a)[1]: 28. XII. 2790 g Alkohol.
» II (a): 28. XII. 2793 g Kontrolle.
» III (b): 28. XII. 2063 g Alkohol.
» IV (b): 28. XII. 1860 g Kontrolle.

Die Alkoholtiere erhalten: 28. XII. 3 Uhr nachm. 10 ccm 50 proz. Alkohol,
9 » abends 10 » » »
29. XII. 12 » mittags 10 » » »
5 » abends 10 » » »
30. XII. 10 » vorm. 10 » » »
31. XII. 10 » » 10 » » »

subkutan unter die Rückenhaut injiziert.

Gesamtmenge: 30 ccm Alk. absol.

Alle Tiere 28. XII. 6 Uhr abends 3 ccm Typhusbouillonkultur.

**Agglutination.**

| | Verdünnung | Alkoholtiere | | Kontrolltiere | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I | III | II | IV |
| 31. XII. | 1 : 8 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| | 1 : 16 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| | 1 : 32 | 0 | 0 | +++ | 0 |
| | 1 : 64 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 128 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1. I | 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | 0 | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 80 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| | 1 : 160 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| | 1 : 320 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| | 1 : 640 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Kaninchen V (a): 31. XII. 1650 g Alkohol.
» VI (a): 31. XII. 1595 g Kontrolle.
» VII (b): 31. XII. 1850 g Alkohol.
» VIII (b): 31. XII. 1777 g Kontrolle.

Die Alkoholtiere erhielten: 31. XII. $3^1/_2$ Uhr nachm. 10 ccm 50 proz. Alkohol,
$5^1/_2$ » » 5 » » »
1. I. 9 » vorm. 10 » » »
6 » abends 5 » » »
2. I. 9 » früh 10 » » »

1) Die eingeklammerten Buchstaben neben den laufenden Nummern der Versuchstiere geben an, welche Tiere dem Gewicht und der injizierten Bakterienmenge nach zueinander gehören. So z. B. ist IV (b) das Kontrolltier zu III (b) oder II (a) das Kontrolltier zu I (a) usf.

Die Alkoholtiere erhielten: 3. I. 9 Uhr früh 10 ccm 50 proz. Alkohol,
3 » nachm. 10 » » »
4. I. 3 » » 10 » » »
subkutan injiziert. Gesamtmenge: 35 ccm Alk. absol.

Alle Tiere 31. XII. 4 Uhr nachm. 3 ccm Typhusbouillon (mit Formol konserviert).

**Agglutination.**

| | Verdünnung | Alkoholtiere | | Kontrolltiere | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | V | VII | VI | VIII |
| 4. I. | 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 80 | + | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 160 | 0 | 0 | ++ | 0 |
| | 1 : 320 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 640 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 1280 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Kaninchen IX (a): 6. I. 1635 g Alkohol.
» X (a): 6. I. 1520 g Kontrolle.
» XI (b): 6. I. 1825 g Alkohol.
» XII (b): 6. I. 1900 g Kontrolle.

Die Alkoholtiere erhielten: 6. I. 9 Uhr vorm. 10 ccm 50 proz. Alkohol,
12 » » 10 » » »
$9^1/_2$ » abends 5 » » »
7. I. 12 » mittags 10 » » »
9 » abends 10 » » »
8. I. 12 » mittags 10 » » »
9. I. 12 » » 10 » » »
subkutan injiziert. Gesamtmenge 32,5 ccm Alk. absol.

Alle Tiere erhielten am 6. I. 12 Uhr mittags 3 ccm Typhusbouillon.

**Agglutination.**

| | Verdünnung | Alkoholtiere | | Kontrolltiere | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | IX | XI | X | XII |
| 9. I. | 1 : 8 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| | 1 : 16 | 0 | 0 | +++ | 0 |
| | 1 : 32 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 64 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10. I. | 1 : 5 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 10 | +++ | 0 | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | 0 | 0 | +++ | +++ |
| | 1 : 80 | 0 | 0 | +++ | 0 |
| | 1 : 160 | 0 | 0 | + | 0 |

Kaninchen XIII: 10. I. 2125 g Alkohol.
» XIV: 10. I. 2150 g Kontrolle.

Das Alkoholtier erhält: 10. I. $10^{1}/_{2}$ Uhr vorm. 10 ccm 50 proz. Alkohol,
$3^{1}/_{2}$ » nachm. 10 » » »
$9^{1}/_{2}$ » abends 5 » » »
11. I. 9 » vorm. 10 » » »
6 » nachm. 10 » » »
12. I. 9 » vorm. 10 » » »
6 » nachm. 10 » » »
13. I. 9 » vorm. 10 » » »

Gesamtmenge: 37,5 ccm Alk. absol.

Beide Tiere erhalten 10. I. 12 Uhr mittags 3 ccm Typhusbouillon.

**Agglutination.**

| | Verdünnung | Alkoholtier | Kontrolltier |
|---|---|---|---|
| | | XIII | XIV |
| 13. I. | 1 : 8 | 0 | +++ |
| | 1 : 16 | 0 | +++ |
| | 1 : 32 | 0 | 0 |
| | 1 : 64 | 0 | 0 |
| 14. I. | 1 : 10 | 0 | +++ |
| | 1 : 20 | 0 | +++ |
| | 1 : 40 | 0 | +++ |
| | 1 : 80 | 0 | +++ |
| | 1 : 160 | 0 | +++ |
| | 1 : 320 | 0 | ++ |
| | 1 : 640 | 0 | 0 |

Kaninchen XV: 11. I. 1535 g Alkohol.
» XVI: 11. I. 1560 g Kontrolle.

Das Alkoholtier erhielt: 11. I. 9 Uhr vorm. 10 ccm 50 proz. Alkohol
12 » » 10 » » »
12. I. 9 » » 10 » » »
3 » nachm. 10 » » »
13. I. 9 » vorm. 10 » » »
3 » nachm. 10 » » »
12 » nachts 5 » » »
14. I. 12 » mittags 5 » » »

subkutan injiziert.

Gesamtmenge: 35 ccm Alk. absol.

Beide Tiere erhalten 11. I. 12 Uhr mittags 3 ccm Typhusbouillon intraperitoneal.

**Agglutination.**

| | Verdünnung | Alkoholtier XV | Kontrolltier XVI |
|---|---|---|---|
| 14. I. | 1 : 8 | +++ | +++ |
| | 1 : 16 | +++ | +++ |
| | 1 : 32 | 0 | +++ |
| | 1 : 64 | 0 | 0 |
| 15. I. | 1 : 10 | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | +++ | +++ |
| | 1 : 80 | +++ | +++ |
| | 1 : 160 | 0 | +++ |
| | 1 : 320 | 0 | 0 |

Kaninchen XVII (a): 14. I. 2590 g Alkohol.
» XVIII (a): 14. I. 2340 g Kontrolle.
» XIX (b): 14. I. 1500 g Alkohol.
» XX (b): 14. I. 1620 g Kontrolle.

Die Alkoholtiere erhielten: 14. I. 4 Uhr nachm. 10 ccm 50 proz. Alkohol,
6 » » 5 » » »
9 » abends 5 » » »
15. I. 9 » vorm. 10 » » »
4 » nachm. 5 » » »
16. I. 9 » vorm. 10 » » »
3 » nachm. 5 » » »
17. I. 10 » vorm. 10 » » »
3 » nachm. 10 » » »
subkutan injiziert. Gesamtmenge 35 ccm Alk. abs.

Alle Tiere 14. I. $5^1/_2$ Uhr nachm. 3 ccm Typhusbouillon intraperitoneal.

**Agglutination.**

| | Verdünnung | Alkoholtiere XVII | Alkoholtiere XIX | Kontrolltiere XVIII | Kontrolltiere XX |
|---|---|---|---|---|---|
| 18. I. | 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | 0 | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 80 | 0 | +++ | 0 | 0 |
| | 1 : 160 | 0 | +++ | 0 | 0 |
| | 1 : 320 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Kaninchen XXI (a): 25. I. 1680 g Alkohol.
» XXII (a): 25. I. 1480 g Kontrolle.
» XXIII (b): 25. I. 1530 g Alkohol.
» XXIV (b): 25. I. 1516 g Kontrolle.

Die Alkoholtiere erhielten: 25. I. $3^1/_2$ Uhr nachm. 10 ccm 50 proz. Alkohol,
6 » » 5 » » »
9 » abends 5 » » »
26. I. 9 » vorm. 10 » » »
3 » nachm. 5 » » »
27. I. 9 » vorm. 10 » » »
3 » nachm. 5 » » »
28. I. 9 » vorm. 5 » » »
7 » abends 5 » » »
subkutan injiziert.

Gesamtmenge: 30 ccm Alk. absol.

Alle Tiere 25. I. 4 Uhr nachm. 3 ccm Typhusbouillon.

**Agglutination.**

| | Verdünnung | Alkoholtiere | | Kontrolltiere | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | XXI | XXIII | XXII | XXIV |
| 29. I. | 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 80 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 160 | 0 | ++ | +++ | ++ |
| | 1 : 320 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Kaninchen XXV (a): 18. I. 1595 g Alkohol.
» XXVI (a): 18. I. 1545 g Kontrolle.
» XXVII (b): 18. I. 1675 g Alkohol.
» XXVIII (b): 18. I. 1630 g Kontrolle.

Die Alkoholtiere erhielten: 18. I. $4^1/_4$ Uhr nachm. 10 ccm 50 proz. Alkohol,
7 » abends 5 » » »
19. I. 11 » vorm. 10 » » »
20. I. 11 » » 10 » » »
9 » abends 10 » » »
21. I. 11 » vorm. 10 » » »
subkutan injiziert.

Gesamtmenge: 27,5 ccm Alk. absol.

Alle Tiere erhielten 18. I. $5^1/_4$ Uhr nachm. 3 ccm Typhusbouillon.

**Agglutination.**

| | Verdünnung | Alkoholtiere | | Kontrolltiere | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | XXV | XXVII | XXVI | XXVIII |
| | 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | 0 | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | +++ | 0 | +++ | +++ |
| | 1 : 80 | + | 0 | + | +++ |
| | 1 : 160 | 0 | 0 | 0 | +++ |
| | 1 : 320 | 0 | 0 | 0 | + |

Kaninchen XXXV: 26. I. 1590 g Alkohol.
» XXXVI: 26. I. 1575 g Kontrolle.

Das Kontrolltier erhielt: 26. I. 3 Uhr nachm. 10 ccm 50 proz. Alkohol,
5 » » 5 » » »
27. I. 9 » vorm. 10 » » »
9 » abends 5 » » »
28. I. 9 » vorm. 5 » » »
3 » nachm. 5 » » »
29. I. 9 » vorm. 10 » » »
3 » nachm. 5 » » »

subkutan injiziert. Gesamtmenge: 27,5 ccm Alk. absol.

Beide Tiere 26. I 5 Uhr nachm. 2,5 ccm Typhusbouillon intraperitoneal.

**Agglutination.**

| | Verdünnung | Alkoholtier | Kontrolltier |
|---|---|---|---|
| | | XXXV | XXXVI |
| 30. I. | 1 : 10 | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | 0 | +++ |
| | 1 : 80 | 0 | 0 |

Kaninchen XXXIII (a): 1. II. 2100 g Alkohol.
» XXXIV (a): 1. II. 2210 g Kontrolle.
» XXXVII (b): 1. II. 1780 g Alkohol.
» XXXVIII (b): 1. II. 1825 g Kontrolle.

Die Alkoholtiere erhielten: 1. II. 9 Uhr vorm. 10 ccm 50 proz. Alkohol,
3 » nachm. 10 » » »
2. II. 9 » vorm. 5 » » »
3 » nachm. 10 » » »
3. II. 10 » vorm. 10 » » »
3 » nachm. 5 » » »
4. II. 9 » vorm. 5 » » »
3 » nachm. 5 » » »
5. II. 3 » » 5 » » »

subkutan injiziert. Gesamtmenge: 32,5 ccm Alk. absol.

Alle Tiere erhielten 1. II. 10 Uhr vorm. 3 ccm Typhusbouillon intraperitoneal.

**Agglutination.**

| Verdünnung | Alkoholtiere | | Kontrolltiere | |
|---|---|---|---|---|
| | XXXIII | XXXVII | XXXIV | XXXVIII |
| 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 40 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 80 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 160 | + | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 320 | 0 | +++ | +++ | +++ |
| 1 : 640 | 0 | + | + | 0 |
| 1 : 1280 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Kaninchen XXIX (a): 31. I. 1762 g Alkohol.
» XXX (a): 31. I. 1757 g Kontrolle.
» XXXI (b): 31. I. 1932 g Alkohol.
» XXXII (b): 31. I. 1950 g Kontrolle.

Die Alkoholtiere erhielten: 31. I. $9^1/_2$ Uhr vorm. 10 ccm 50 proz. Alkohol,
$3^1/_4$ » nachm. 5 » » »
9 » abends 5 » » »
1. II. 9 » vorm. 5 » » »
3 » nachm. 5 » » »
9 » abends 10 » » »
2. II. 10 » vorm. 10 » » »
9 » abends 5 » » »
3. II. 3 » nachm. 10 » » »
4. II. 3 » » 10 » » »

subkutan injiziert.

Gesamtmenge: 37,5 ccm Alk. absol.

Alle Tiere erhielten 31. I. $10^1/_4$ Uhr vorm. 3 ccm Typhusbouillon intraperitoneal.

**Agglutination.**

| | Verdünnung | Alkoholtiere | | Kontrolltiere | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | XXIX | XXXI | XXX | XXXII |
| 5. II. | 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 80 | 0 | +++ | 0 | +++ |
| | 1 : 160 | 0 | +++ | 0 | 0 |
| | 1 : 320 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Alkoholversuche (Übersichtstabelle.)**

Kaninchen, Bact. typhi.

| | | |
|---|---|---|
| $A < C$ | $A = C$ | $A > C$ |
| $A < C$ | $A = C$ | $A > C$ |
| $A < C$ | $A = C$ | |
| $A < C$ | $A = C$ | |
| $A < C$ | $A = C$ | |
| $A < C$ | | |
| $A < C$ | | |
| $A < C$ | | |
| $A < C$ | | |
| $A < C$ | | |
| $A < C$ | | |
| $A < C$ | | |

Durchschnittliches Verhältnis: $\frac{C}{A}$

$$\frac{C}{A} = 4{,}2$$

Ein Blick auf die vorstehende Übersichtstabelle läfst nun sofort das Gesamtresultat dieser Versuche erkennen. Unter 19 Experimenten wurde nur 2 mal der Agglutiningehalt des Serums bei den Alkoholtieren gröfser gefunden als bei den Kontrolltieren, 5 mal zeigte sich keine Differenz, und 12 mal waren die mit Alkohol vergifteten Versuchstiere in der Produktion der Agglutinine sehr wesentlich hinter den Kontrolltieren zurückgeblieben derart, dafs das mittlere, aus allen Versuchen berechnete Verhältnis $\frac{A}{C}$ nur $\frac{1}{4{,}2}$ betrug. *Es hatten somit die Kontrolltiere im Durchschnitt mehr als viermal soviel Agglutinin gebildet als die Alkoholtiere.*

Wie man sieht, stimmen somit diese Ergebnisse sehr gut mit den Befunden der früher genannten Forscher überein, indem dieselben beweisen, dafs bereits kurzdauernde, nur durch wenige Tage fortgesetzte Behandlung mit grofsen Alkoholdosen imstande ist, die Produktion der Antikörper sehr wesentlich zu beeinträchtigen. Es ist einleuchtend, dafs diese Tatsache — vorausgesetzt, dafs ihre Anwendung und Übertragung auf das Gebiet der menschlichen Pathologie zu den erlaubten Verallgemeinerungen experimenteller Befunde gehört — nicht ohne Bedeutung für unsere therapeutischen Bestrebungen sein kann. Denn da wir in dem Auftreten der Antikörper zweifellos eine Schutzvorrichtung des infizierten Organismus zu sehen haben, welche mit den

Heilungs- und Restitutionsvorgängen in inniger Beziehung steht, so werden wir logischerweise alles vermeiden müssen, was der möglichst raschen und intensiven Produktion dieser Schutzstoffe hinderlich sein kann, und werden daher auch von diesem Gesichtspunkte aus der — allerdings bereits in Abnahme begriffenen — Behandlung der Infektionskranken mit grofsen Alkoholdosen mit berechtigtem Mifstrauen begegnen dürfen. Dafs hingegen unter Umständem vorsichtig verabreichte kleinere Alkoholgaben sogar vorteilhaft wirken können, das scheint aus den obenerwähnten Befunden Friedbergers hervorzugehen, falls sich dieselben bestätigen sollten.

## V. Einflufs der Vorbehandlung mit Aleuronat.

Es ist eine durch unzählige Experimente sichergestellte Tatsache, dafs alle jene Substanzen, welche imstande sind, eine lokale Hyperleukocytose, eine Anhäufung der weifsen Blutkörperchen am Orte ihrer Applikation hervorzurufen, auch eine Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber bakteriellen Infektionen bedingen. Besonders eingehend wurde diese Erscheinung der künstlichen Resistenzvermehrung bekanntlich für den intraperitonealen Infektionsmodus studiert, und man hat mit der Zeit eine grofse Zahl von Stoffen verschiedenartigster Provenienz und chemischer Natur kennen gelernt, welche mit Erfolg zur Erhöhung der lokalen Widerstandsfähigkeit verwendet werden können. Abgesehen von bakteriellen Produkten, wie den Bakterienproteinen und Bakterienplasminen, haben sich Extrakte und Emulsionen der verschiedensten tierischen Organe, wie der Hoden, Lymphdrüsen, Thymus, weiterhin auch die aus diesen Organen zu gewinnenden Nukleinsubstanzen, ferner gewisse pflanzliche und tierische Eiweifskörper wie Glutenkasein, Legumin, Weizen- und Erbsenmehlbrei, Albumosen, Alkalialbuminate, Blutserum und noch eine grofse Menge anderer, zum Teil sogar recht einfach gebauter Stoffe in dieser Richtung besonders bewährt. Am häufigsten wird wohl von allen diesen Stoffen das Aleuronat zur experimentellen Erzeugung lokaler leukocytenreicher Exsudate verwendet, und es lag daher wohl nahe, sich die Frage

vorzulegen, wie denn eigentlich die Vorbehandlung mit Aleuronatinjektionen auf die Produktion der Antikörper einzuwirken vermag.

Diese Fragestellung war von um so gröfserem Interesse, als ja nach den Lehren Metschnikoffs und seiner Schule die Leukocyten, welche sich in derartigen Exsudaten vorfinden — seien dieselben nun durch präparatorische Aleuronateinspritzungen oder durch Einführung anderer chemotaktisch wirksamer Substanzen entstanden — sich durch ganz besonders lebhafte phagocytäre Eigenschaften auszeichnen, viel resistenter sind und eingeführte Formelemente, z. B. Bakterien viel rascher in ihr Inneres aufnehmen, wie die weifsen Blutkörperchen nicht vorbehandelter Tiere. Da nun gerade die Leukocyten von diesem Forscher als die hauptsächlichsten Quellen der spezifischen Antikörper angesehen werden, so war also ein Einflufs der Aleuronatinjektion auf die Schnelligkeit und Intensität der Produktion dieser Stoffe von vornherein nicht unwahrscheinlich, und zwar konnte man, bei flüchtiger Überlegung, vielleicht vermuten, dafs derselbe in einer Vermehrung und Beschleunigung dieses reaktiven Prozesses bestehen würde. Wie wir noch sehen werden, hat sich diese Vermutung allerdings nicht bestätigt.

Meine Versuche wurden nun in folgender Weise angestellt. Eine Reihe von Kaninchen erhielt Injektionen von 3—5 ccm einer etwa 10 proz. Aleuronataufschwemmung in die Bauchhöhle. Nach 12—24 Stunden — also zu einer Zeit, wo erfahrungsgemäfs bereits eine deutliche Steigerung der Resistenz beobachtet werden kann —, wurden diesen Tieren 2,5—3 ccm einer frischen, bei 55° C abgetöteten Typhuskultur ebenfalls in die Bauchhöhle eingespritzt, und gleichzeitig eine entsprechende Anzahl von nicht vorbehandelten, ungefähr gleich schweren Kontrolltieren in genau der gleichen Weise geimpft. Am 4. Tage nach der Einspritzung der Typhusbazillen wurde dann aus der Ohrvene Blut entnommen, und, in derselben Weise wie bei den früher erwähnten Alkoholversuchen, das durch Abzentrifugieren gewonnene Blutserum auf seinen Agglutiningehalt geprüft. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in den folgenden Protokollen verzeichnet.

**Aleuronatversuche.**

Hase I: 2143 g } 22. XI. 3 Uhr nachm. 5 ccm Aleuronataufschwemmung,
» II: 1955 g } 23. XI. 9 » vorm. 2,5 » Typhusbouillon.
» III: 2065 g } Kontrollen. 23. II. 9 Uhr vorm. 2,5 ccm Typhusbouillon.
» IV: 2020 g }

| | Verdünnung | Aleuronattiere | | Kontrolltiere | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | IV |
| 27 XI. | 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 80 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 160 | 0 | ++ | +++ | ++ |
| | 1 : 320 | 0 | 0 | ++ | 0 |
| | 1 : 640 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Hase V: 2100 g } 26. XI. 6 Uhr abends 5 ccm Aleuronat,
27. XI. 9 » vorm. 2,5 » Typhusbouillon.
» VI: 2060 g } Kontrolle, 27. II. 9 Uhr vorm. 2,5 ccm Typhusbouillon.

| | Verdünnung | Aleuron.-Tier | Kontroll-Tier |
|---|---|---|---|
| | | V | VI |
| 30. XI. | 1 : 10 | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | + | +++ |
| | 1 : 40 | 0 | + |
| | 1 : 80 | 0 | 0 |
| | 1 : 160 | 0 | 0 |

| | Verdünnung | Aleuron.-Tier | Kontroll-Tier |
|---|---|---|---|
| | | V | VI |
| 1. XII. | 1 : 10 | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | + | +++ |
| | 1 : 80 | 0 | +++ |
| | 1 : 160 | 0 | +++ |
| | 1 : 320 | 0 | 0 |

Kaninchen VII (a): 1700 g } 30. XI. 6 Uhr abends 5 ccm Aleuronataufschwg.,
» VIII (b): 2612 g } 1. XII. 6 » » 2,5 » Typhusbouillon.
» IX (c): 2030 g }
» X (a): 1910 g } Kontrollen. 1. XII. 6 Uhr abends 2,5 ccm Typhusbouillon.
» XI (b): 2630 g }
» XII (c): 2005 g }

| | Verdünnung | Aleuronat | | | Kontrolle | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| 5 XII. | 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | +0 | ++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | ++ | 0 | 0 | +++ | +++ | ++ |
| | 1 : 80 | 0 | 0 | 0 | +++ | 0 | 0 |
| | 1 : 160 | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 |

Kaninchen XIII: 1392 g } 21. XI. 5 ccm Aleuronataufschwemmung, 22. XI. 3 › Typhusbouillon.
› XIV: 1365 g Kontrolle. 22. XI. 3 ccm Typhusbouillon.

| | Verdünnung | Aleuronat | Kontrolle |
|---|---|---|---|
| | | XIII | XIV |
| 25. XI. | 1 : 8 | +++ | +++ |
| | 1 : 16 | +++ | +++ |
| | 1 : 32 | +++ | +++ |
| | 1 : 64 | +++ | +++ |
| | 1 : 128 | 0 | +++ |
| | 1 : 256 | 0 | 0 |

Kaninchen XV (a): 14. XII. 1702 g
› XVI (b): 14. XII. 1975 g
› XVII (c): 14. XII. 1450 g
} 14. XII. abends 5 Uhr 5 ccm Aleuronataufschwemmung
15. XII. abends 6 Uhr 3 ccm Typhusbouillon.

› XVIII (a): 14. XII. 1770 g
› XIX (b): 14. XII. 1910 g
› XX (c): 14. XII. 1407 g
} Kontrollen. 15. XII. abends 6 Uhr 3 ccm Typhusbouillon.

| | Verdünnung | Aleuronat | | | Kontrolle | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | XV | XVI | XVII | XVIII | XIX | XX |
| 19. XII. | 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | 0 | ++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | ++ | 0 | 0 | +++ | +++ | + |
| | 1 : 80 | 0 | 0 | 0 | +++ | + | 0 |
| | 1 : 160 | 0 | 0 | 0 | + | 0 | 0 |

Kaninchen XXI: 1235 g } 9. XI. 3 Uhr nachm. 3 ccm Aleuronataufschwemmung, 10. XI. 3 ccm Typhusbouillon.
› XXII: 1369 g Kontrolle. 10. XI. 3 ccm Typhusbouillon.

| | Verdünnung | Aleuronat | Kontrolle |
|---|---|---|---|
| | | XXI | XXII |
| 14. XI. | 1 : 5 | +++ | +++ |
| | 1 : 10 | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | + |
| | 1 : 40 | +++ | 0 |
| | 1 : 80 | +++ | 0 |
| | 1 : 160 | + | 0 |
| | 1 : 320 | 0 | 0 |

Kaninchen XXIII (a): 1990 g } 15. XI. 3 ccm Aleuronataufschwemmung.
» XXIV (b): 2387 g } 16. XI. 3 » Typhusbouillon.
» XXV (a): 2040 g } Kontrollen. 16. XI. 3 ccm Typhusbouillon.
» XXVI (b): 2185 g }

| | Verdünnung | Aleuronat | | Kontrolle | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | XXIII | XXIV | XXV | XXVI |
| 20. XI. | 1 : 5 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 80 | +++ | +++ | 0 | 0 |
| | 1 : 160 | 0 | +++ | 0 | 0 |
| | 1 : 320 | 0 | + | 0 | 0 |

Meerschweinchen I: 408 g } 8. XI. 2 ccm Aleuronat, 9. XI. 2 » Typhusbouillon.
» II: 418 g Kontrolle. 9. XI. 2 ccm Typhusbouillon.

| | Verdünnung | Aleuronat | Kontrolle |
|---|---|---|---|
| 12. I. | 1 : 10 | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | +++ | +++ |
| | 1 : 80 | +++ | +++ |
| | 1 : 160 | + | +++ |
| | 1 : 320 | 0 | +++ |
| | 1 : 640 | 0 | 0 |

Kaninchen XXVII (a): 1830 g } 8. II. $5^1/_2$ nachm. 5 ccm Aleuronataufschwg.,
» XXVIII (b): 1750 g } 10. II. 9 vorm. 3 » »
3 nachm. 3 » Typhusbouillon.
» XXIX (a): 1890 g } Kontrolltiere. 10. II. 3 Uhr nachm. 3 ccm
» XXX (b): 1695 g } Typhusbouillon.

| | Verdünnung | Aleuronat | | Kontrolle | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | XXVII | XXVIII | XXIX | XXX |
| 14. II. | 1 : 20 | +++ | ++ | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | +++ | + | +++ | +++ |
| | 1 : 80 | + | 0 | +++ | + |
| | 1 : 160 | 0 | 0 | + | 0 |
| | 1 : 320 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Aleuronatversuche. (Übersichtstabelle.)**

| $A < C$ | $A = C$ | $A > C$ |
|---|---|---|
| $A < C$ | | $A > C$ |
| $A < C$ | | $A > C$ |
| $A < C$ | | |
| $A < C$ | | |
| $A < C$ | | |
| $A < C$ | | |
| $A < C$ | | |
| $A < C$ | | |
| $A < C$ | | |
| $A < C$ | | |
| $A < C$ | | |

Durchschnittliches Verhältnis: $\frac{C}{A}$

$$\frac{C}{A} = 2{,}86$$

Aus der vorstehenden, resumierenden Übersichtstabelle ergibt sich somit, dafs unter 16 derartigen Versuchen der Agglutiningehalt des Blutserums bei den Aleuronattieren nur 3 mal höher gefunden wurde als bei den Kontrolltieren, und dafs in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle — während 12 mal — die ersteren ganz entschieden weniger Agglutinine produziert hatten. *Wie man sieht, hat somit die Vorbehandlung mit Aleuronat nicht nur keine Beschleunigung und Vermehrung der Antikörperproduktionen zur Folge gehabt, sondern im Gegenteil sogar eine nicht unbeträchtliche Verminderung derselben hervorgerufen*, derart, dafs der Serumtiter bei diesen Tieren durchschnittlich weniger als die Hälfte jenes Wertes betrug, welcher ceteris paribus bei den nicht vorbehandelten Kontrolltieren zur Beobachtung kam.

Wie ist nun dieses, wie bereits erwähnt, vielleicht etwas unerwartete und auf den erften Blick überraschende Ergebnis zu erklären?

Ich glaube, die Erklärung dafür ist nicht schwer zu geben. Bedenken wir, dafs die Schnelligkeit und Intensität, mit welcher die agglutinierenden Substanzen in dem Blutserum auftreten, unter sonst gleichen Umständen nicht nur von der Reaktionsfähigkeit der betreffenden, antigenetisch wirkenden Gewebe und Organe — im wesentlichen also von Milz, Lymphdrüsen und Knochenmark — abhängig gedacht werden mufs, sondern zweifellos auch von der Schnelligkeit und Vollständigkeit jener Resorptionsvorgänge,

welche die betreffenden bakteriellen Stoffe vom Orte der primären Invasion an die Stätte der Neubildung der spezifischen Schutzstoffe transportieren.

Nun haben wir aber allen Grund zu der Annahme, dafs diese Resorptionsvorgänge gerade bei den mit intraperitonealen Aleuronatinjektionen vorbehandelten Tieren sehr wesentlich verlangsamt sind. Wir wissen nämlich, dafs das Aleuronat in der Bauchhöhle wie an anderen Stellen des Organismus eine entzündliche Reizung hervorzurufen vermag, als deren Ausdruck wir eben das Auftreten eines leukocytenreichen Exsudates anzusehen haben. Wie mannigfache experimentelle Untersuchungen gelehrt haben, sind jedoch derartig entzündliche Veränderungen durchwegs geignet, die normalerweise sehr ausgiebige Resorptionsfähigkeit des Bauchfells herabzusetzen. Es kann natürlich nicht unsere Aufgabe sein, an dieser Stelle näher auf die diesbezügliche Literatur einzugehen, und wir wollen daher nur auf die diesbezüglichen Versuche von Schnitzler und Ewald[1]) hinweisen, welche zeigen konnten, dafs die Resorption gelöster Stoffe aus der Bauchhöhle durch die vorhergehende Einführung von Alkohol oder Glyzerin bedeutend verzögert wird, und dafs auch sterilisierte Proteuskulturen oder aus denselben durch einstündiges Kochen hergestellte Proteinlösungen sowie das Kochsche Tuberkulin genau dieselbe Wirkung besitzen.

Es kann somit nicht zweifelhaft sein, dafs auch bei unseren Aleuronattieren eine Beeinträchtigung des Resorptionsvermögens der Bauchhöhle für gelöste Stoffe stattgefunden haben mufs, und dafs daher die in der Peritonealflüssigkeit zerfallenen und in Lösung gegangenen Bakterienleiber abnorm langsam in die Zirkulation übergegangen und erst relativ spät mit den lymphoiden Organen in Berührung gekommen sein mufsten. Dazu kommt noch ein weiteres, in demselben Sinne einwirkendes Moment, das sich jedoch nicht auf die Resorption der gelösten, sondern der ungelösten Formbestandteile erstreckt. Wie wir nämlich bereits erwähnt haben, sind bei den mit Aleuronateinspritzungen

1) Deutsche Zeitschr. f. Chir., Bd. 41, 1895.

präparierten Tieren die Vorgänge der Phagocytose nach Metschnikoffs Lehren ganz besonders stark ausgeprägt. Nun verlassen allerdings die mit Bakterien beladenen weifsen Blutkörperchen allmählich wieder die Bauchhöhle, um die einverleibten Substanzen in den lymphoiden und anderen Organen zu deponieren. Es ist jedoch sicher, dafs diese Phagocyten wenigstens bis zu ihrem Wiedereintritt in die Blutbahn ein weit langsameres Vehikel darstellen als die mächtigen Resorptionsströme, welche die gelösten Substanzen aus der Bauchhöhle fortschaffen, und dafs daher eine Steigerung der lokalen phagocytären Vorgänge, die den extrazellulären Zerfall der eingespritzten Bakterien einschränkt, eher eine Verlangsamung als eine Beschleunigung der Bakterienresorption zur Folge haben mufs. Durch diese lokale Phagocytose werden somit diejenigen Organe, welche am meisten an der Produktion der Antikörper beteiligt sind, bis zu einem gewissen Grade vor der Einwirkung der bakteriellen Leibesbestandteile geschützt, indem ihnen dieselben langsamer und bereits in verändertem, degenerierten Zustande zugeführt werden, so dafs also der Anreiz zur Neubildung von Schutzstoffen ein weit geringerer ist.

Beide genannten Faktoren in ihrem Vereine dürften daher wohl hinreichen, um die von uns beobachtete Verminderung der Agglutininproduktion bei den Aleuronattieren in befriedigender Weise zu erklären.

## VI. Einflufs der Vorbehandlung mit zimtsaurem Natron (Hetol).

Wie die lokale, so ist auch die allgemeine Leukocytose häufig von einer oft sehr beträchtlichen Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegenüber bakteriellen Infektionen gefolgt. Wir wollen hier von den mannigfaltigen klinischen Erfahrungen, welche den günstigen Einflufs der Hyperleukocytose auf den Krankheitsverlauf zu beweisen scheinen, ganz absehen.

Es hat jedoch auch eine grofse Zahl experimenteller Arbeiten sich mit dieser Resistenzsteigerung durch künstliche Erzeugung einer Leukocytose beschäftigt, und wir müssen daher an dieser Stelle wenigstens der wichtigsten Ergebnisse gedenken, welche

diese Forschungen gezeitigt haben. Vor allem verdienen hier die Untersuchungen von Loewy und Richter[1]) erwähnt zu werden, welche in einer Reihe von interessanten Experimenten durch meist intravenöse Applikation verschiedener Gewebsäfte, von albumoseartigen Substanzen, ferner von Pilokarpin und ganz besonders auch von Spermin bei Kaninchen eine Hyperleukocytose hervorriefen, und dann die Versuchstiere mit verschiedenen Bakterienarten infizierten. Am ausgesprochensten trat hierbei ein günstiger Einflufs der Hyperleukocytose bei den Infektionsversuchen mit Pneumokokken zutage, indem den mit Spermin vorbehandelten Kaninchen das Drei- bis Vierfache der tödlichen Bakteriendosis verabreicht werden konnte, ohne dafs andere Erscheinungen als eine vorübergehende geringe Temperaturerhöhung an denselben zu beobachten gewesen wäre. Weit weniger augenfällig war allerdings der Heileffekt, wenn die Sperminеinspritzungen erst einige Zeit nach der Einimpfung des Bakterienmaterials vorgenommen wurden, denn in diesem Falle gelung es zwar, die Lebensdauer der Versuchstiere gegenüber den Kontrolltieren merklich zu verlängern, hingegen war es nicht mehr möglich, wie bei den oben erwähnten Versuchen, den tödlichen Ausgang vollkommen abzuwenden und die Tiere am Leben zu erhalten.

Weniger günstige Resultate als die genannten Autoren erzielten Goldscheider und Müller[2]) bei ihren Versuchen mit Tetanus- und Diphtheriebazillen, bei welchen sich überhaupt kein resistenzvermehrender Einflufs der durch Injektionen von Milzextrakten hervorgerufenen Hyperleukocytose konstatieren liefs. Zweifelhafte Erfolge ergaben sich diesen Forschern bei der Infektion mit Proteus und mit Pneumokokken. Weitere, und zwar viel eingehendere Untersuchungen über den Einflufs artefiziell erzeugter Leukocytoseveränderungen auf den Verlauf künstlich hervorgerufener Infektionskrankheiten hat dann Jakob[3]) angestellt, der sich zu diesem Zwecke der Hemialbumose und

1) Deutsche med. Wochenschr., 1895, Nr. 15.
2) Fortschr. d. Medizin, Jahrg. 13, Nr. 9.
3) Zeitschr. f. klin. Med., Bd. 30.

der aus Witteschem Pepton dargestellten Protalbumosen und Deuteralbumosen bediente, die er seinen Versuchstieren bald subkutan, bald intravenös applizierte. Als Infektionserreger benutzte Jakob Pneumokokken und Mäuseseptikämiebazillen. Bei diesen in der verschiedensten Weise variierten Versuchen ergab sich nun das äufserst wichtige Resultat, dafs alle jene Tiere, welche in dem Stadium der Hypoleukocytose infiziert wurden, ausnahmslos zugrunde gingen, und zwar meist rascher als die Kontrolltiere. Wurde hingegen die Einspritzung der Bakterien zu einer Zeit vorgenommen, wo die Zahl der weifsen Blutkörperchen noch im Ansteigen begriffen war, so ging kein einziges der Versuchstiere zugrunde, und die Hälfte derselben zeigte überhaupt keinerlei Krankheitserscheinungen. Erfolgte endlich die Infektion während der Periode des Abklingens der Hyperleukocytose, so starben die Versuchstiere zwar, aber bedeutend später als die Kontrolltiere. Wie man sieht, war also bei diesen sorgfältigen Experimenten Jakobs der hervorragende Einflufs, den die Hyperleukocytose auf die Widerstandsfähigkeit des Organismus auszuüben vermag, nicht zu verkennen, und trat durch die entschiedene Resistenzverminderung, die sich im Stadium der Hypoleukocytose beobachten liefs, nur noch deutlicher und überzeugender zutage.

Wir wollen an dieser Stelle nicht näher auf die voneinander mehr oder weniger abweichenden Erklärungen eingehen, welche die verschiedenen Autoren für diese Wirkung der Hyperleukocytose zu geben versucht haben. Wir wollen nur des von Hahn[1]) und anderen Forschern erhobenen tatsächlichen Befundes hier gedenken, nach welchem das Serum vom Menschen und vom Hunde im Stadium der Hyperleukocytose eine beträchtliche Steigerung seiner normalen bakteriziden Fähigkeiten aufweist, eine Beobachtung, die wohl mit grofser Wahrscheinlichkeit auf das Bestehen eines direkten Kausalzusammenhanges zwischen den drei in Rede stehenden Phänomenen — der Hyperleukocytose, der gesteigerten Baktericidie des Serums und der Resistenzvermehrung — hindeuten dürfte. — Welchen Einflufs nimmt

1) Archiv f. Hygiene, Bd. 28.

nun aber die Hyperleukocytose auf die Produktion der Antikörper?

Über diese Frage liegt in der mir zugänglichen Literatur, soweit ich sehen kann, wohl kaum mehr als eine — allerdings von ganz anderen Gesichtspunkten ausgehende — Untersuchung von Salomonsen und Madsen[1]) vor, welche festzustellen suchte, ob eine Reihe von Giften, deren Wirkung sich insbesondere auf die sezernierenden Organbestandteile erstreckt, auch imstande ist, die »Sekretion« des Diphtheriantitoxins in irgendeiner Weise zu beeinflussen. Zu diesem Zwecke injizierten die genannten beiden Forscher einem Pferde, welches lange Zeit hindurch gegen Diphtherietoxin immunisiert worden war und sich zur Zeit des Versuches im antitoxischen Gleichgewicht befand, 7mal im Verlaufe zweier Stunden Atropin in Dosen von 2 cg, worauf sich zwar schwere Vergiftungssymptome einstellten, ohne dafs jedoch in den ersten Tagen eine Änderung des Antitoxingehaltes in dem Serum dieses Tieres aufgetreten wäre. Später sank dann allerdings der Serumtiter etwas ab, blieb jedoch dann wieder längere Zeit hindurch vollkommen konstant.

Darauf wurden demselben Tiere im Verlaufe zweier Stunden 140 cg Pilokarpin intravenös eingespritzt. Diesmal trat nun, neben starken Vergiftungserscheinungen, auch eine deutliche Vermehrung des Antitoxingehaltes zutage. Zwei weitere Pferde, deren eines sich bereits in dem Stadium des absinkenden Antitoxingehaltes seines Serums befand, zeigten ebenfalls eine sehr ausgesprochene Steigerung nach der Pilokarpineinspritzung.

Da nun das Pilokarpin bekanntlich, insbesondere bei intravenöser Applikation, eine beträchtliche Hyperleukocytose hervorzurufen vermag, so liegt es in der Tat sehr nahe, das Ergebnis dieser Versuche von Salomonsen und Madsen in dem genannten Sinne interpretieren und also anzunehmen, dafs in der Vermehrung der weifsen Blutkörperchen ein Phänomen gesehen werden mufs, welches mit der beobachteten Steigerung des Antitoxingehaltes in kausalem Zusammenhang zu bringen ist. Aller-

1) Kongl. Danske Videnskabernes Selskabs Forh., 1898; zitiert nach Baumgartens Jahresbericht.

dings liegen in diesem Falle die Verhältnisse insofern nicht ganz klar und eindeutig, als ja die Versuchstiere infolge ihrer langandauernden Immunisierung bereits grofse Antitoxinmengen in ihrem Blute, ihren Geweben und Gewebsflüssigkeiten aufgespeichert enthielten, und es daher nicht mit Sicherheit zu entscheiden war, ob eine wirkliche Vermehrung der Antikörperproduktion unter dem Einflusse des Pilokarpins stattgefunden hatte, oder etwa nur eine vermehrte Ausspülung des bereits vorgebildeten Antitoxins aus seinen Lagerstätten.

Aus diesem Grunde habe ich daher die folgenden Versuche angestellt. Als leukocytoseerregendes Mittel benutzte ich das zimtsaure Natron in der Form des käuflichen Hetols, welches den Versuchstieren — ausschliefslich Kaninchen —, in Eigelb emulgiert, in die Ohrvene eingespritzt wurde.

Dafs die Zimtsäure, welche bekanntlich von Landerer[1]) in die Therapie der menschlichen Tuberkulose eingeführt worden ist, in der Tat ein ganz vorzügliches Mittel darstellt, um eine kräftige Hyperleukocytose zu erzeugen, das haben u. a. Richter und Spiro[2]) eingehend dargetan, und gezeigt, dafs die Vermehrung der weifsen Blutkörperchen etwa 1 Stunde nach der Hetoleinspritzung beginnt, nach steilem Anstieg nach 3—4 Stunden, seltener erst nach 8 Stunden ihren Höhepunkt erreicht, um dann, bei mittleren Dosen etwa nach 24 Stunden wieder allmählich zur Norm zurückzukehren. Die Vermehrung der Leukocyten war bei den Versuchen der genannten Autoren, welche ebenfalls an Kaninchen, daneben aber auch an Hunden und am Menschen experimentierten, schon bei einmaliger Hetolinjektion eine sehr beträchtliche; dieselbe liefs sich jedoch durch Vergröfserung der Dosis oder durch Wiederholung der Einspritzungen innerhalb 24 Stunden noch ganz erheblich steigern, so dafs das Verhältnis der weifsen zu den roten Blutkörperchen mitunter ganz enorme Werte annahm wie etwa 1 : 51 gegenüber dem normalen Verhältnisse von 1 : 500—600.

---

1) Die Behandlung der Tuberkulose mit Zimtsäure. Leipzig, 1892.

2) Archiv f. exper. Patholog., Bd. 34, 1894.

Wie hieraus hervorgeht, mufste also die Zimtsäure ganz besonders geeignet erscheinen, um den Einflufs der Leukocytose auf die Antikörperproduktion zu studieren.

Meist erhielten meine Versuchstiere drei solcher Hetolinjektionen zu je 2—4 ccm einer 5proz. Emulsion, und zwar die erste am Tage vor der Infektion mit Bact. typhi, die zweite am Tage der Bazilleneinspritzung selbst, endlich die dritte am darauffolgenden Tage.

Am vierten Tage nach der Infektion, die, wie bei den in einem früheren Abschnitte geschilderten Aleuronat- und Alkoholversuchen intraperitoneal vorgenommen wurde, wurden die Tiere dann in der gewohnten Weise auf den Agglutiningehalt ihres Serums untersucht und mit den normalen Kontrolltieren, welche keine Zimtsäureeinspritzungen erhalten hatten, verglichen.

Hierbei ergaben sich nun die folgenden Resultate:

**Hetol-Versuche.**

Kaninchen I: 1800 g } 7. V. nachm. 3 Uhr 2 ccm 50 proz Hetolemulsion intravenös, 8. V. vorm. 10½ Uhr 3 ccm Hetolemulsion, 10½ Uhr 3 ccm Typhusbouillon intraperitoneal.

» II: 1835 g Kontrolle. 8. V. 11½ 3 ccm Typhusbouillon.

| | Verdünnung | Hetol | Kontrolle |
|---|---|---|---|
| | | I | II |
| 11. V. | 1:4 | +++ | +++ |
| | 1:8 | +++ | 0 |
| | 1:16 | +++ | 0 |
| | 1:32 | +++ | 0 |
| | 1:64 | ++ | 0 |
| 12. V. | 1:10 | +++ | +++ |
| | 1:20 | +++ | +++ |
| | 1:40 | +++ | +++ |
| | 1:80 | +++ | + |
| | 1:160 | +++ | 0 |
| | 1:320 | +++ | 0 |
| | 1:640 | ++ | 0 |
| | 1:1280 | 0 | 0 |

Kaninchen III (a): 1810 g
» IV (b): 2105 g
» V (c): 2350 g } 8. V. vorm. 10½ Uhr 3 ccm Hetolemulsion intravenös, 11½ Uhr 3 ccm Typhusbouillon intraperitoneal, 9. V. vorm. 10 Uhr 4 ccm Hetolemulsion intravenös.

Kaninchen VI (a): 1835 g
» VII (b): 2060 g
» VIII (c): 2250 g
} Kontrollen. 8. V. 11 1/2 Uhr vorm. 3 ccm Typhusbouillon intraperitoneal.

| | Verdünnung | Hetol | | | Kontrolle | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | III | IV | V | VI | VII | VIII |
| 11.V. | 1 : 4 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 8 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 16 | +++ | +++ | +++ | + | + | 0 |
| | 1 : 32 | + | +++ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 64 | 0 | ++ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.V. | 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 80 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | + |
| | 1 : 160 | 0 | +++ | +++ | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 320 | 0 | +++ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 1 : 640 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Kaninchen IX (a): 2115 g
» X (b): 1525 g
} 11. V. 4 Uhr nachm. 2 ccm Hetolemulsion intravenös, 12. V. 10 Uhr vorm. 3 ccm Hetolemulsion intravenös, 3 ccm Typhusbouillon intraperitoneal.

» XI (a): 2095 g
» XII (b): 1570 g
} Kontrolle. 12. V. 10 Uhr vorm. 3 ccm Typhusbouillon.

| | Verdünnung | Hetol | | Kontrolle | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | IX | X | XI | XII |
| 16. V. | 1 : 10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 20 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 40 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1 : 80 | +++ | +++ | + | +++ |
| | 1 : 160 | +++ | +++ | 0 | 0 |
| | 1 : 320 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Kaninchen XIII (a): 2090 g
» XIV (b): 2300 g
» XV (c): 1630 g
} 15. V. 11 Uhr vorm. 3 ccm Hetolemulsion intravenös, 16. V. 10 Uhr vorm. 3 ccm Hetol intravenös, 3 ccm Typhusbouillon intraperitoneal, 17. V. 3 ccm Hetol intravenös.

» XVI (a): 2050 g
» XVII (b): 2210 g
» XVIII (c): 1720 g
} Kontrolle. 16. V. 10 Uhr vorm. 3 ccm Typhusbouillon.

| | Verdünnung | Hetol | | | Kontrolle | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | XIII | XIV | XV | XVI | XVII | XVIII |
| 19.V. | 1:4 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1:8 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1:16 | +++ | +++ | +++ | +++ | 0 | ++ |
| | 1:32 | +++ | +++ | +++ | +++ | 0 | 0 |
| | 1:64 | +++ | 0 | +++ | +++ | 0 | 0 |
| | 1:128 | 0 | 0 | + | 0 | 0 | 0 |

Kaninchen XIX (a): 1900 g } 18. V. 3 ccm Hetolemulsion intravenös, 19. V.
» XX (b): 2380 g } 10 Uhr vorm. 3 ccm Hetol, 11 Uhr vorm. 3 ccm Typhusbouillon intraperitoneal, 20. V. 10 Uhr vorm. 2 ccm Hetolemulsion.

» XXI (a): 1890 g } Kontrolle. 19. V. 11 Uhr vorm. 3 ccm Typhus-
» XXII (b): 2315 g } bouillon.

| | Verdünnung | Hetol | | Kontrolle | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | XIX | XX | XXI | XXII |
| 23. V. | 1:10 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1:20 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1:40 | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1:80 | ++ | +++ | ++ | +++ |
| | 1:160 | 0 | +++ | 0 | 0 |
| | 1:320 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Kaninchen XXIII (a): 2039 g } 20. V. 10 Uhr vorm. 3 ccm Hetolemulsion intra-
» XXIV (b): 1940 g } venös, 2. V. 9 Uhr vorm. 3 ccm Hetol, 11 Uhr
» XXV (c): 1260 g } vorm. 3 ccm Typhusbouillon intraperitoneal, 22. V. 3 ccm Hetol.

» XXVI (a): 2050 g }
» XXVII (b): 1910 g } Kontrolle. 21. V. 11 Uhr vorm. 3 ccm Typhus bouillon.
» XXVIII (c): 1315 g }

| | Verdünnung | Hetol | | | Kontrolle | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | XXIII | XXIV | XXV | XXVI | XXVII | XXVIII |
| 24.V. | 1:10 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1:20 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1:40 | 0 | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| | 1:80 | 0 | +++ | +++ | 0 | 0 | 0 |
| | 1:160 | 0 | 0 | +++ | 0 | 0 | 0 |
| | 1:320 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

**Hetolversuche. (Übersichtstabelle.)**

| | | |
|---|---|---|
| $H > C$ | $H = C$ | $H < C$ |
| $H > C$ | $H = C$ | |
| $H > C$ | | |
| $H > C$ | | |
| $H > C$ | | |
| $H > C$ | | |
| $H > C$ | | |
| $H > C$ | | |
| $H > C$ | | |
| $H > C$ | | |
| $H > C$ | | |

Mittleres Verhältnis: $\frac{H}{C}$

$$\frac{H}{C} = 3{,}1.$$

Fassen wir das Ergebnis dieser Experimente an der Hand der vorstehenden Übersichtstabelle nochmals kurz zusammen, so können wir also sagen, dafs unter 14 Versuchen 11 mal eine sehr deutliche Steigerung der Agglutininproduktion unter dem Einflusse der Zimtsäurebehandlung beobachtet werden konnte, dafs dagegen nur 2 mal keine wesentliche Veränderung derselben zu konstatieren war. Im Durchschnitt hatten hierbei die Hetoltiere ungefähr 3,1 mal soviel Agglutinin produziert als die Kontrolltiere.

Die künstliche Erzeugung einer Hyperleukocytose durch intravenöse Hetoleinspritzung vermag also in der Tat auf die Entstehung der Agglutinine einen begünstigenden und beschleunigenden Einflufs zu nehmen, und es fragt sich hierbei nur noch, auf welche Weise derselbe wohl zustande kommen dürfte.

Da es sich nach den Untersuchungen von Richter und Spiro bei der Zimtsäureleukocytose um eine wirkliche Vermehrung der weifsen Blutkörperchen handelt, als deren Hauptsitz die lymphoiden Organe, Milz, Lymphdrüsen und Knochenmark angesehen werden müssen, da ferner gerade die genannten Organe es sind, welche für die Produktion der Antikörper nachweisbar in erster Linie in Betracht kommen, so liegt es nahe, sich den beobachteten Zusammenhang zwischen der Hyperleukocytose und der gesteigerten Antikörperproduktion in folgender Weise zurechtzulegen:

Die leukocytoseerregenden Substanzen üben unstreitig einen gewissen Reiz auf die blutbereitenden Organe aus, welcher sich in

der Tat oft schon dem blofsen Auge durch eine Schwellung und Rötung des Darms und der Milz, ja durch eine echte Hyperplasie der Milz mit Vermehrung der Malpighischen Körperchen, mit Vergröfserung der Follikel kundgibt (Richter und Spiro). Dieser Reizzustand führt nun einerseits zu einer gesteigerten funktionellen Leistung der betreffenden Organe, die sich unter anderem auch durch eine gesteigerte Neubildung der Antikörper dokumentiert, — anderseits zu einer Vermehrung der lymphoiden Zellelemente und zu einer vermehrten Ausfuhr der in überschüssiger Menge entstandenen Leukocyten aus ihren Bildungsstätten in das Blut, wobei dieselben den chemotaktischen Kräften Folge leisten, welche von den in den Säften zirkulierenden körperfremden Stoffen (Pilokarpin oder Zimtsäure etc.) ausgehen. Nach dieser Auffassung wären somit die Hyperleukocytose und die gesteigerte Produktion der Antikörper nur zwei koordinierte Phänomene, nämlich im wesentlichen nur die Folge einer funktionellen und formativen Reizung der lymphoiden Organe durch die betreffenden chemischen Substanzen. Dafs übrigens daneben noch andere Deutungen möglich sind, soll damit nicht geleugnet sein.

Es ist zweifellos, dafs die nicht unbeträchtliche Steigerung der Antikörperproduktion, die unter dem Einflusse der Hetolbehandlung eintritt, — falls sie auch für den Menschen Gültigkeit besitzen sollte, — von grofser therapeutischer Bedeutung sein kann, und wir können uns daher auch von diesem Gesichtspunkte aus nur den Ausführungen von Hahn[1]) vollkommen anschliefsen, der es bedauert, dafs die Landerersche Methode bis jetzt noch nicht in gröfserem Umfange einer Nachprüfung unterzogen wurde.[2])

1) Handbuch von Kolle-Wassermann, Bd. IV.

2) Bemerkt sei noch, dafs vor einiger Zeit Krone (Münchner med. Wochenschr., 1903, Nr. 9) über etwa 20 Fälle von fibrinöser Pneumonie berichtet hat, bei welchen eine einmalige intravenöse Injektion von 0,004 ccm Natr. cinnamylic. eine rasche Entfieberung hervorrief, und einen günstigen Verlauf der Erkrankung herbeiführte. Vielleicht sind derartige Beobachtungen in dem obigen Sinne zu deuten.

## VII. Schlufs.

Wir haben zu den Bemerkungen, welche wir bereits in den einzelnen vorhergehenden Abschnitten gelegentlich geäufsert haben, nur mehr wenig hinzuzufügen.

Fragen wir nach dem Mechanismus, nach welchem die von uns beobachteten Alterationen in dem zeitlichen und quantitativen Auftreten der Antikörper vor sich gehen, so können wir nur in einzelnen besonders günstig gelegenen Fällen auf diese Frage eine einigermafsen plausible und wahrscheinliche Antwort geben.

A priori werden wir dreierlei derartige Mechanismen unterscheiden können, nach den drei verschiedenen Phasen klassifizierend, welche bei der Produktion der Antikörper in Betracht kommen. Da nämlich, wie wir bereits ausgeführt haben, die Produktion dieser Schutzstoffe der Hauptsache nach in den lymphoiden Organen, Milz, Lymphdrüsen und Knochenmark, also in der Regel fern von dem Orte der primären Bakterieninvasion erfolgt, so wird die erste zu betrachtende Phase jenen Zeitraum umfassen, welcher bis zum Eintreffen der bakteriellen Substanzen in diesen Organen verstreicht. Demgemäfs werden also alle Eingriffe, welche imstande sind, die Dauer dieser Phase zu beeinflussen, mit anderen Worten, welche die Resorptionsgeschwindigkeit modifizieren, auch die Schnelligkeit, mit welcher die Antikörper im Blute erscheinen, verändern müssen.

Ein Beispiel dieser Art haben wir bereits bei unseren Aleuronatversuchen kennen gelernt, bei welchen wir ja allen Grund zu der Annahme hatten, dafs die Verlangsamung und Einschränkung der peritonealen Resorptionsvorgänge als die Ursache der verminderten Antikörperproduktion angesehen werden mufs.

Die zweite Phase, welche wir zu unterscheiden haben, betrifft naturgemäfs den eigentlichen Vorgang, durch welchen die Antikörper gebildet werden, also die produktive Leistung der lymphoiden Organe. Wird deren Leistungsfähigkeit durch die betrachteten Eingriffe herabgesetzt, so mufs diese Schädigung in einer verminderten Antikörperproduktion und somit in einem niedrigeren Serumtiter zum Ausdruck kommen, während eine Erhöhung ihrer physiologischen Tätigkeit den entgegengesetzten Effekt haben wird.

Auch hierfür haben wir unter unseren Experimenten bereits Beispiele gefunden, indem wir uns den begünstigenden Einflufs der Zimtsäureinjektionen auf die Entstehung der Antikörper durch eine derartige Steigerung jener Funktionen zu erklären gesucht haben, welchen die lymphoiden Organe vorstehen, und die sich unter anderem ja auch in der Vermehrung der weifsen Blutkörperchen sehr deutlich ausspricht.

Demgegenüber liegt es nahe, die starke Verminderung der Antikörperproduktion, die wir bei den mit Alkohol und Phloridzin vergifteten Tieren beobachtet haben, auf eine Schädigung dieser Funktionen zurückzuführen. Diese Auffassung ist wohl um so berechtigter, als ja durch die genannten Stoffe eine schwere Alteration der normalen Stoffwechselvorgänge hervorgerufen wird, welcher die Tiere oft schon nach relativ kurzer Zeit erliegen. Allerdings kann dabei die gleichzeitige Mitwirkung einer verzögerten und gehemmten Resorption wohl nicht ausgeschlossen werden, da ja dieselben Ursachen, welche zu einem Darniederliegen der in Rede stehenden Gewebsfunktionen führen, wohl auch die Aufsaugung der in die Peritonealhöhle eingeführten bakteriellen Substanzen beeinträchtigen können.

Was endlich die dritte und letzte Phase der Antikörperproduktion betrifft, so besteht dieselbe in der Ausschwemmung der in den lymphoiden Organen neugebildeten Schutzstoffe und ihrem Übertritt in die Zirkulation. Ob eine Verzögerung oder Beschleunigung dieses Vorgangs bei unseren Versuchen mitspielte, mufs wohl einstweilen dahingestellt bleiben.

Überhaupt wird es die Aufgabe weiterer Versuche sein müssen, den Mechanismus der von uns beobachteten Alterationen der Antikörperproduktion, über den wir uns bisher nur vermutungsweise äufsern konnten, näher zu studieren. Vielleicht wird es dann auch gelingen, einigen Aufschlufs darüber zu erhalten, woher es kommt, dafs die Art der zur Immunisierung verwendeten Mikroorganismen von so ausschlaggebender Bedeutung für die Richtung der eintretenden Veränderung ist, wie sich dies bei unseren Hunger- und Ernährungsversuchen herausstellte.